

**2019-06**

**Working paper. Economics**

ISSN 2340-5031

**EFFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN Y LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA ECONOMÍA  
ESPAÑOLA: UNA COMPARACION  
INTERNACIONAL**

Claudia Aza y Álvaro Escribano

Serie disponible en <http://hdl.handle.net/10016/11>

Web: <http://economia.uc3m.es/>

Correo electrónico: [departamento.economia@eco.uc3m.es](mailto:departamento.economia@eco.uc3m.es)



Creative Commons Reconocimiento-NoComercial- SinObraDerivada  
3.0 España  
([CC BY-NC-ND 3.0 ES](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/))

# EFFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA: UNA COMPARACION INTERNACIONAL<sup>1</sup>

27 de febrero de 2019

Claudia Aza<sup>a</sup> y Álvaro Escribano<sup>b</sup>

a. ICADE, Universidad Pontificia de Comillas

b. Departamento de Economía, Universidad Carlos III de Madrid

## Abstract

Los efectos de la digitalización en términos de contribución al crecimiento muestran que mientras la contribución de todos los inputs relacionados con la digitalización se sitúa entre 0,5 y 1,5 p.p. del crecimiento del valor añadido entre 1996 y 2014, la contribución de la productividad total de los factores (PTF) pesa negativamente reduciendo significativamente e incluso anulando el efecto positivo de la inversión en digitalización. Sin embargo y tal y como sucede a partir de 2015, cuando la contribución de la PTF es positiva, la digitalización, tal y como se ha medio en el estudio, es responsable de hasta un 30% del crecimiento del valor añadido. El valor acumulado entre 1996 y 2017 de los efectos agregados de la digitalización supone un 5,7% del PIB de 2016 pero, cuando se omite el valor del progreso tecnológico, se dispara hasta un 18% del PIB. El análisis del nivel de la productividad pone de manifiesto que el deterioro de la productividad del factor trabajo junto con un declive de la del capital entre 1996 y 2009, explican el bajo nivel de la PTF española. Sin duda y a pesar de la mejora del capital humano y de la inversión TIC durante el periodo observado, los niveles alcanzados no son suficientes para invertir la tendencia decreciente de la productividad de trabajo y mejorar significativamente la del capital. Sin embargo, cuando se amplía la lente del observado y se realiza el análisis desagregando por ramas de actividad, los resultados ponen de manifiesto que junto a ramas con deterioros profundos de productividad conviven ramas con tasas de crecimiento de la PTF de dos dígitos, entre las que sobresale la rama de la información y comunicación. A la luz de estos resultados, se impone un análisis en profundidad de la ineficiencia en la asignación de los recursos productivos de la economía española. Conocer las causas de la debilidad histórica de la PTF en España, es fundamental para que la sociedad de la digitalización pueda desplegar todos sus efectos en términos de crecimiento y mayores niveles de renta per cápita.

**Palabras clave:** Modelo de contabilidad del crecimiento, tablas input-output, productividad total de los factores, digitalización, capital TIC, capital humano, comparación internacional.

**Códigos JEL:** O47, O43, O44

---

<sup>1</sup> Los autores agradecen la financiación recibida de Minsait/Indra para la realización de este proyecto de investigación. Álvaro Escribano, agradece la financiación recibida del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (ECO2015-68715-R, ECO2016-00105-001) y María de Maeztu (MDM2014-0431).

## 1. INTRODUCCIÓN

En su contexto económico, la digitalización se define como las transformaciones económicas desencadenadas por la adopción de forma masiva de las tecnologías digitales para generar, obtener, procesar, compartir e intercambiar información. La digitalización es fruto del desarrollo de las tecnologías de acceso a redes, del hardware y semiconductores y de la ingeniería informática, o más sencillamente de la revolución de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC). Pero, ¿se está traduciendo el desarrollo de la sociedad digital en mayor crecimiento económico y en mejoras de productividad?

Los métodos de análisis de la mayoría de los trabajos empíricos para medir el impacto de la digitalización en la economía real, se pueden agrupar en tres grupos. En el primero, se parte del lado de la demanda, y se estima el efecto de las variaciones del consumo y de la inversión (y exportaciones netas) en bienes y servicios vinculados a digitalización en el crecimiento del PIB. El segundo tipo de valoración, parte de la construcción de un índice de digitalización que se construye a partir de un abanico (mas o menos amplio) de indicadores que miden diversos aspectos de la sociedad digital y se estima el efecto de los cambios de dicho índice en variables reales como el crecimiento del PIB o del empleo.

El marco teórico que se elige para medir los efectos económicos de la digitalización, supone una tercera vía y es el método recomendado por la OCDE para medir el progreso tecnológico. Esta metodología, utilizada en el proyecto internacional KLEMS para medir las fuentes de crecimiento de los principales países de la OCDE aborda la economía desde el lado de su oferta y se conoce como el modelo de la Contabilidad de Solow-Jorgenson-Griliches (SJG). En su versión tradicional, este modelo permite identificar qué parte del crecimiento se debe a la acumulación de factores productivos y qué parte se debe al progreso tecnológico medido por la productividad total de los factores (PTF). La PTF es esa parte de la producción que no se explica por la variación de los factores productivos que participan en el proceso productivo y que se identifica como progreso tecnológico u organizativo. Se justifica la elección de este modelo, por su flexibilidad a la incorporación de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en sus múltiples dimensiones, su coherencia con las Cuentas Nacionales y consistencia entre las ramas de actividad. En este documento, se miden y analizan dos de los efectos económicos de la digitalización: el efectos del uso de los inputs vinculados a la digitalización sobre el crecimiento del valor añadido (o producción cuando se trabaja con datos desagregados por ramas de actividad) y el efecto sobre el incremento de la productividad total de los factores

A pesar de que a día de hoy, el modelo de la contabilidad del crecimiento sea el marco mas adecuado para medir los efectos del progreso tecnológicos (o PTF), su aplicación no está exenta de problemas. Son varios y sofisticados los límites del modelo y cualquier interpretación de las medidas que de él se deriven han de hacerse atendiendo a estos límites. En general, las dificultades que plantea la medida de PTF (y aunque en menor medida también la contribución de los inputs) se derivan del hecho de que la PTF se determina como residuo y por lo tanto, cualquier error en la media de las variables del modelo son computadas como variaciones de PTF. En el entorno actual de cambios vertiginosos tecnológicos, las dificultades para medir el volumen de output y de los inputs se acrecientan. En concreto, el cómo medir las mejoras de calidad de un producto, el valor de un producto nuevo o el valor de los intangibles, como por ejemplo de la capacidad organizativa de la empresa, no es absoluto evidente ni intuitivo. El determinar cuál es la mejor manera de medir la economía de la tecnología y de la información sigue siendo un campo fértil para la investigación con importantísima consecuencias sobre la medida del progreso tecnológico.

Los resultados de este trabajo indican que la digitalización, en términos de contribución al crecimiento, muestran que la contribución de todos los inputs relacionados con la digitalización se sitúa entre 0,5 y 1,5 p.p. del crecimiento del valor añadido entre 1996 y 2014, pero la

contribución de la PTF pesa negativamente reduciendo significativamente e incluso anulando el efecto positivo de la inversión en digitalización. Sin embargo y tal y como sucede a partir de 2015, cuando la contribución de la PTF es positiva, la digitalización, tal y como se ha medido en el estudio, es responsable de hasta un 30% del crecimiento del valor añadido. El valor acumulado entre 1996 y 2017 de los efectos agregados de la digitalización supone un 5,7% del PIB de 2016 pero, cuando se omite el valor del progreso tecnológico, se dispara hasta un 18% del PIB. El análisis del nivel de la productividad pone de manifiesto que el deterioro de la productividad del factor trabajo junto con un declive de la del capital entre 1996 y 2009, explican el bajo nivel de la PTF española. Sin duda y a pesar de la mejora del capital humano y de la inversión TIC durante el periodo observado, los niveles alcanzados no son suficientes para invertir la tendencia decreciente de la productividad del trabajo y mejorar significativamente la del capital. Sin embargo, cuando se amplía la lente del observado y se realiza el análisis desagregando por ramas de actividad, los resultados ponen de manifiesto que junto a ramas con deterioros profundos de productividad conviven ramas con tasas de crecimiento de la PTF de dos dígitos, entre las que sobresale la rama de la información y comunicación.

La estructura del trabajo es la siguiente: En la sección 2, se presentan los resultados del modelo de la contabilidad de crecimiento para la economía española agregada para el periodo 1995-2017 en relación con EE.UU. Entre ellos se analizan los factores tradicionales de capital, empleo y PTF, así como la desagregación teniendo en cuenta el capital TIC, la I&D y el capital humano. En concreto, se proporciona la medida del impacto total de la digitalización primero, para la economía agregada (1995-2017) y después, para dieciocho ramas de actividad de la economía española (1995-2014). El impacto de la digitalización se obtiene como suma del efecto del progreso tecnológico y la contribución de los inputs vinculados a la digitalización y que se identifican con el capital humano, el capital TIC, el activo intangible I+ D. En la sección 3, se desagrega, año a año, el análisis anterior realizado por bloques temporales, para identificar los años clave de los cambios observados. En la sección 4, se desagrega aún mas el análisis para estudiar el impacto por las 18 ramas de actividad de la economía española, con los consumos intermedios TIC. En la sección 5, se proporciona una medida del valor en euros constantes del impacto acumulado de la digitalización en términos agregados entre 1996 y 2017 sobre el valor añadido y sobre la producción y por ramas de actividad entre los años 1996-2014. En la sección 6, se comparan los efectos de la digitalización en España frente a EE.UU y Europa (EU-15). En la sección 6, se aborda el análisis del nivel de la PTF en España para medir el efecto potencial multiplicativo sobre el PIB derivado de las mejoras de productividad. En la sección 8, se realizan simulaciones del impacto agregado de la digitalización sobre el valor añadido de la economía española, ante escenarios alternativos (pesimista, medio y optimista) hasta el año 2022. Por último en la sección 9 se resumen las principales conclusiones.

## 2. CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO: FACTORES TRADICIONALES, PROGRESO TECNOLÓGICO E INPUTS DE DIGITALIZACIÓN

El Modelo de la Contabilidad del Crecimiento proporciona una medida de las distintas fuentes de crecimiento de la economía española lo que permite conocer qué parte del crecimiento económico observado se debe a la acumulación de factores productivos y qué parte al progreso tecnológico, medido por la tasa de crecimiento de la PTF. Adicionalmente, la contribución de los inputs puede hacerse desde una agregación tradicional en el factor trabajo (L), en el factor capital (K) o bien, lo que resulta mas interesante, descomponiendo el índice de cada input entre los factores vinculados a la digitalización (capital humano, capital tic, capital intangible I+D) y el resto (resto

de capital, horas de trabajo). Cuando se analiza la economía agregada, la medida del crecimiento económico de la que se parte es la tasa de crecimiento del valor añadido. Sin embargo, cuando la unidad analizada es la rama o sector se recomienda tomar la tasa de crecimiento de la producción para poder incorporar los consumos intermedios como fuente adicional de crecimiento. Se aplica el Modelo de la Contabilidad del Crecimiento a la economía española agregada para los años 1995-2017. El modelo teórico de la Contabilidad del Crecimiento se desarrolla en detalle en el anexo I.1. Las fuentes de datos utilizadas para su aplicación se incluyen en el anexo II.1.

Se aborda el análisis de las fuentes de crecimiento de la economía española desde 1995 hasta 2017 y se enmarcan los resultados dentro del contexto de los países occidentales. En concreto, junto con los resultados para la economía española, se presentan los correspondientes para las economías de la UE-12 y de EEUU. El disponer de una medida de las contribuciones de los inputs con su correspondiente descomposición resulta clave para conocer los motores de crecimiento de la economía española y poder compararlos con los de las economías de su entorno y del país de referencia en el crecimiento de productividad, como es EEUU.

La literatura previa coincide en señalar el papel determinante del avance de la PTF en la fase expansivo del ciclo americano y su moderación a partir de la irrupción de la crisis, frente a un continua desaceleración de la PTF en Europa desde las últimas tres décadas (van Ark, 2014).

## 2.1 Fuentes del crecimiento agregado y ciclo económico en España, EU-12 y EEUU

### 2.1.1 Antecedentes

La evidencia empírica y análisis de la contabilidad del crecimiento sobre esta cuestión, coinciden en destacar la debilidad de la PTF en España desde el inicio de la década de los 90, lo que contrasta con la fortaleza de la PTF de la economía americana y, aunque en menor medida, con la de los principales países de la Unión Europea entre los años 1995-2005. Entre los distintos motivos que explican la debilidad de la PTF española entre los años 1995 y 2007, el análisis empírico apunta al inicio tardío del ciclo de crecimiento de la PTF con respecto a países líderes en PTF, a una asignación ineficiente de recursos desde ramas mas productivas hacia ramas ineficientes (construcción, agricultura, pesca, cerámica, hostelería) en los años previos a la crisis económica y a un crecimiento de la PTF de las ramas productoras TIC mas débil que en EEUU combinado con un menor peso de las mismas en el conjunto de la economía española (Aza, 2017). Sin embargo, el panorama durante los años posteriores a la crisis apuntan a que en las economías mas avanzadas, los avances de PTF pierden fuelle a partir del año 2005, una tendencia que se prolongará hasta los años de recuperación económica (2011-2015).

Nadie discute hoy en día que el fuerte crecimiento de la economía americana en el periodo pre-crisis 1995-2005 estuvo estrechamente vinculado a la revolución de las TIC cuyas estimaciones apuntan a una contribución media anual del capital TIC al crecimiento del PIB para el periodo 1996-1999 en la economía americana de 1,1 puntos porcentuales cada año, (Oliner y Sichel, 2000), descomponiéndose entre 0,63 p.p. del hardware, 0,32 p.p. del software y 0,15p.p. de comunicaciones. A estos efectos directos de las TIC sobre el crecimiento del PIB, se añadieron los derivados del incremento de la Productividad Total de los Factores (PTF) originadas, primero, en la producción de las TIC y, a partir de 2001, en las ramas usuarias TIC. Las estimaciones de Jorgenson, Ho y Samuels, (2010) apuntan a que el crecimiento de la PTF en las ramas productoras TIC de EEUU insufló entre 1995 y 2000 el crecimiento anual de la PTF en 0,53 p.p. y el uso de las mismas sostuvo el avance de la PTF agregada entre 2001 y 2007 en 0,35 p.p cada año. La fortaleza de ambas magnitudes, el peso de las ramas TIC en el conjunto de la economía y,

precisamente, ese relevo (entre ramas productoras y ramas usuarias de TIC) permitieron a la economía americana extraer todos los beneficios de la revolución tecnológica, permitiendo que sus ganancias de PTF se extendieran desde las ramas productoras TIC hasta la ramas usuarias TIC. A partir del año 2007, tanto la PTF americana (como la de UE-5) se caracteriza por una desaceleración de la misma no sólo durante los años de la crisis sino, durante los años de recuperación económica. La PTF americana crece en torno a 0,2% entre 2006 y 2010, y se desacelera hasta el 0,14% en el periodo 2011-2015. 07%.anual. Las últimas estimaciones para EEUU de The Conference Board apuntan, incluso, a tasas negativas del crecimiento de la PTF en EEUU, de -0,1% y -0,3% en 2015 y 2016 respectivamente (van Ark, 2014).

En Europa, el panorama es bien distinto. Los datos de la contabilidad del crecimiento de la UE-27 (van Ark, 2014) apuntan a que desde 1995 hasta 2013, el motor de crecimiento en el conjunto de los 27 países de la UE es la contribución del capital, manteniéndose la contribución media anual del capital TIC en cerca de 0,4 p.p., no solo durante el periodo expansivo 2003-2007 sino también durante los años de crisis 2008-2013. El “talón de Aquiles” en el crecimiento europeo es, de acuerdo, en entre otros, a van Ark, el descenso de la PTF, que de media entre 2008 y 2013 ha disminuido dramáticamente un -07% al año. Aunque no cabe duda, de que el comportamiento de la PTF es muy distinto entre ramas y países de la UE, no deja de ser paradójico que el proceso de digitalización emprendido por la mayorías de las economías occidentales no se haya acompañado por aumentos de la PTF. Esa incapacidad de las economías mas avanzadas de recuperar los niveles de las tasas de crecimiento de la PTF de los años de pre-crisis es observada con tal asombro por los investigadores, que coinciden en referirse a este fenómeno con la expresión “*the productivity puzzle*”.

### 2.1.2 Factores tradicionales y progreso tecnológico

Se representa en el gráfico 1 la evolución de las fuentes de crecimiento económico durante los años de expansión económica (1996-2006), los años de la reciente crisis (2007-2013) y los años de recuperación económica (2014-2017) en España. Para comparar el patrón de crecimiento español con el de otras economías se generan esos mismos para EEUU y la EU-12, para lo que se toman las estimaciones de la base de datos KLEMS. Se presentan los resultados de la contabilidad del crecimiento para las tres economías en la tabla 1. Las comparaciones han de hacerse con cautela pues, en primer lugar los datos disponibles para EEUU se refieren a los periodos 1999-2006 y 2014-2015 y para la UE-12 solamente a los años 2001-2006 y 2014-2015. En segundo lugar, hay que tener presente que el ciclo americano no está sincronizado con el ciclo español (o el de la UE-12) y por último, los datos que se presentan no son totalmente comparables puesto que KLEMS no proporciona datos de la contribución del intangible I+D, mientras que para España se ha estimado la contribución de la I+D como el de un activo de capital intangible.

**Tabla 1. Fuentes de crecimiento de España, EEUU y la UE-12 (en p.p.)**

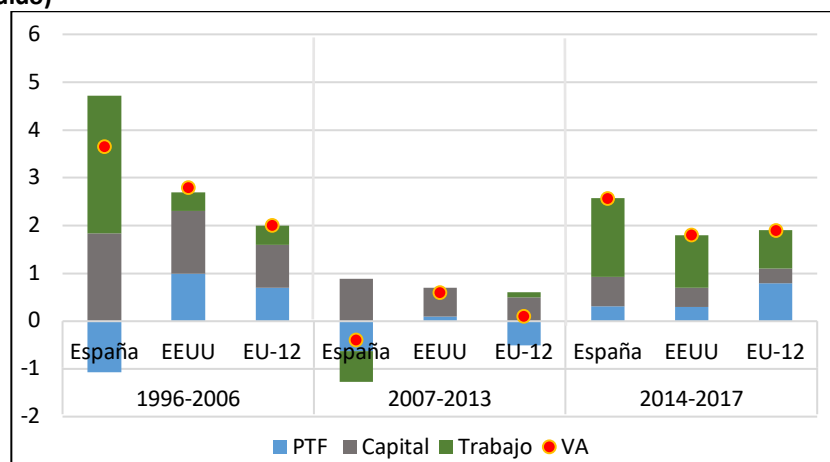
	1996-2006			2007-2013			2014-2017		
	España	EEUU*	UE-12**	España	EEUU	UE-12	España	EEUU*	UE-12**
<b>VA</b>	<b>3,6</b>	<b>2,7</b>	<b>2</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>2,6</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>
<b>ISL</b>	<b>2,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>
<b>ISK</b>	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
<b>PTF</b>	<b>-1,1</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>

\*Los datos de EEUU son para 1999-2006, 2007-2013 y 2014-2015. \*\* Los datos para la UE-12 son para 2001-2006, 2007-2013 y 2014-2015. UE-12: Alemania, Austria, Bélgica, R. Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Italia, Holanda, España, Suecia y Reino Unido. Fuente: EU-KLEMS, actualización 2017; elaboración propia



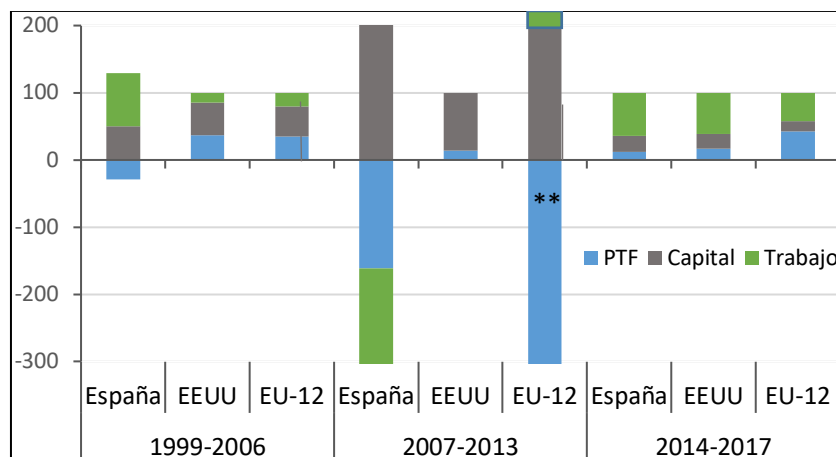
El crecimiento del valor añadido se explica por la contribución del factor capital, del factor trabajo y de la PTF. Así, y a modo de ejemplo, durante el periodo 1996-2006, al crecimiento del valor añadido medio anual del 3,6%, el factor trabajo contribuye 2,9 puntos porcentuales cada año, el factor capital 1,8 anual y la PTF resta -1.1 puntos porcentuales (de media) cada año. La suma de todas las contribuciones es igual por definición a la tasa de crecimiento del valor añadido (VA). Se completa esta información con una medida de la contribución de cada factor productivo y de la PTF como porcentaje del crecimiento del valor añadido representada en el gráfico 2. Así y a modo de ejemplo, el capital contribuye en el primer periodo un 50% del crecimiento del valor añadido del mismo periodo. La suma de las contribuciones de los inputs y de la PTF es por construcción 100 (o -100) si la tasa de crecimiento del valor añadido es negativa).

**Gráfico 1: Fuentes de crecimiento y ciclo económico en España, EEUU y EEU-12 (en p.p. del crecimiento del valor añadido)**



Los datos reunidos muestran que el crecimiento de la economía española se explica fundamentalmente por la acumulación de factores productivos, puesto que la contribución de la PTF media anual es negativa entre 1996 y 2013. Esta, únicamente en el último periodo, contribuye de forma positiva al crecimiento del valor añadido de la economía española. A diferencia de lo que sucede en la EEUU, el progreso tecnológico en España, no explica el fuerte crecimiento del valor añadido (3.6% de media anual) durante la fase de expansión. Efectivamente, mientras que en EEUU y aunque en menor medida también en EU-12, el crecimiento del valor añadido se explica por el efecto positivo de la PTF, en la economía española, la PTF resta puntos de crecimiento entre 1996 y 2013. La economía española se caracteriza por una pérdida de eficiencia en términos agregados que resta al incremento del valor añadido algo más de 1 p.p. de media cada año durante el periodo 1996-2006, lo que supone más del 20% del crecimiento del valor añadido. La pérdida de eficiencia se prolonga durante los años de crisis económica, lo que engrosa la tasa de contracción del valor añadido en algo más de medio punto porcentual. Únicamente durante los años de recuperación económica, la contribución de la PTF es de signo positivo en términos absolutos (0.3p.p.), aunque modesta en términos porcentuales. Por lo tanto, en términos agregados, la economía española presenta un rasgo diferencial con respecto a los países líderes en crecimiento del progreso tecnológico, pues no solamente no se produce una aceleración de la PTF, sino que entre 1996 y 2013 se produce un retroceso considerable, que contrasta con la tasa de crecimiento americana que explica cerca del 40% del crecimiento medio anual americano durante los años 1999-2006. Con respecto al ciclo del progreso tecnológico, los resultados obtenidos apuntan a una mejoría del crecimiento de la PTF en la fase de recuperación, pues arroja tasas positivas en línea con los datos americanos (0,3%) aunque por debajo de la tasa de crecimiento de la PTF en EU-12 (0,8%).



**Gráfico 2: Contribuciones (%) relativas al crecimiento del valor añadido en España, EEUU y EU-12**

Con respecto a las fuentes de crecimiento tradicional, tal como se desprende del gráfico 2, la economía española presenta una singularidad, puesto que en España, a diferencia de lo que sucede en EEUU y en la UE-12, durante los dos primeros periodos el factor trabajo contribuye en mayor medida que el factor capital a la variación del valor añadido. De hecho, en la fase expansiva y de recuperación, el incremento del factor trabajo explica en España más de un 60% del incremento del valor añadido mientras que en EEUU tan solo explica el 14% del crecimiento entre 1999 y 2006 y en la EU-12 el 20%. De manera muy marcada, en España, durante la fase recesiva la contracción del valor añadido se explica por el descenso dramático de la contribución del empleo (140% del descenso del valor añadido) algo que no se observa ni en EEUU ni en la UE, pues en ningún, la contribución del factor trabajo es negativa. Con respecto al factor capital, exceptuando el periodo de crisis económica en España y en la UE-12, la contribución del capital se mantiene más estable, siendo esta la principal fuente de crecimiento en EEUU y en la UE-12. Durante el periodo de recuperación económica 2014-2017 el patrón de crecimiento español es muy similar al de EEUU con una contribución de la PTF por encima del 10% del crecimiento del valor añadido.

### 2.1.3 Capital TIC, I+D y mejoras del capital humano

La construcción de los índices del modelo de la contabilidad del crecimiento permite descomponer los factores tradicionales por tipos de activos (TIC, y resto del capital) y por cantidad de horas y cambios del capital humano para el factor trabajo, lo que permite medir la contribución al crecimiento del valor añadido de cada uno de estos componentes. Exclusivamente para el caso español, se introduce una descomposición adicional del factor capital en su componente de intangible I+D. Se reproducen los datos en la tabla 2 y se representan en el gráfico 3 las contribuciones de cada uno de estos componentes junto con la PTF para la economía española, americana y de la UE-12.

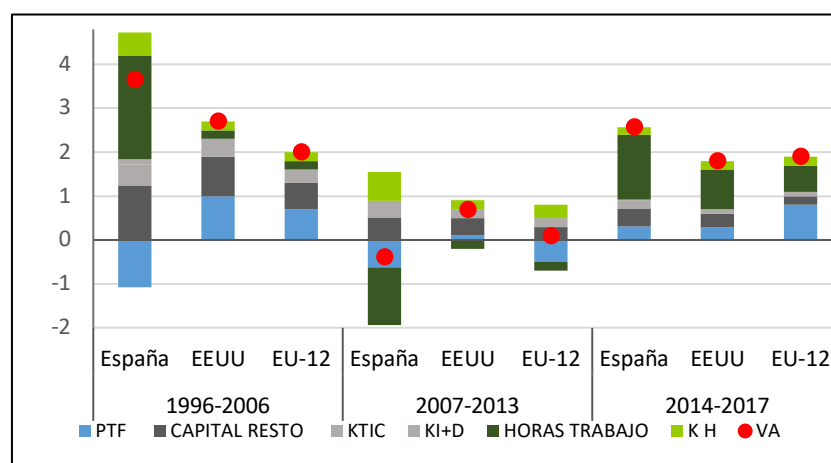
**Tabla 2. Fuentes de crecimiento de España, EEUU y la UE-12 (en p.p.)**

	1996-2006			2007-2013			2014-2017		
	España	EEUU*	UE-12**	España	EEUU	UE-12	España	EEUU*	UE-12**
<b>VA</b>	<b>3,6</b>	<b>2,6</b>	<b>2</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>2,6</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>
<b>ISL</b>	<b>2,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>
Horas	2,4	0,2	0,2	-1,3	-0,2	-0,2	1,5	0,9	0,6
Capital humano	0,5	0,2	0,2	0,7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
<b>ISK</b>	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
Capital TIC	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Resto capital	1,3	0,9	0,6	0,6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2
<b>PTF</b>	<b>-1,1</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>
<b>Capital TIC/ ISK</b>	<b>0,26</b>	<b>0,31</b>	<b>0,33</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>0,40</b>	<b>0,28</b>	<b>0,25</b>	<b>0,33</b>

\*Los datos de EEUU son para 1999-2006 y 2014-2015.\*\* Los datos para la UE-12 son para 2001-2006 y 2014-2015.  
Fuente: EU-KLEMS; elaboración propia.

Cuando se comparan las tres economías, se observa que España presenta contribuciones del capital humano y del capital TIC similares a las registradas en EEUU y en la UE-12 pues en las tres economías, el capital TIC, el capital humano y la I+D (en el caso español) contribuyen positivamente al crecimiento del valor añadido. En los tres casos, la contribución del capital TIC pierde fuelle en el transcurso del periodo observado, mientras que el capital humano presenta contribuciones mas estables y siempre por encima de 0,2 p.p. Es la economía española la que presenta los mayores valores de contribución del capital humano pues entre 1996 y 2013 se sitúa en torno a 0,5 p.p. Estos resultados son positivos, pues uno de los elementos que sostuvo los avances de PTF en EEUU entre 1995 y 2005, fue precisamente la contribución de la mejora del capital humano junto con la renovación del capital tradicional por el capital TIC.

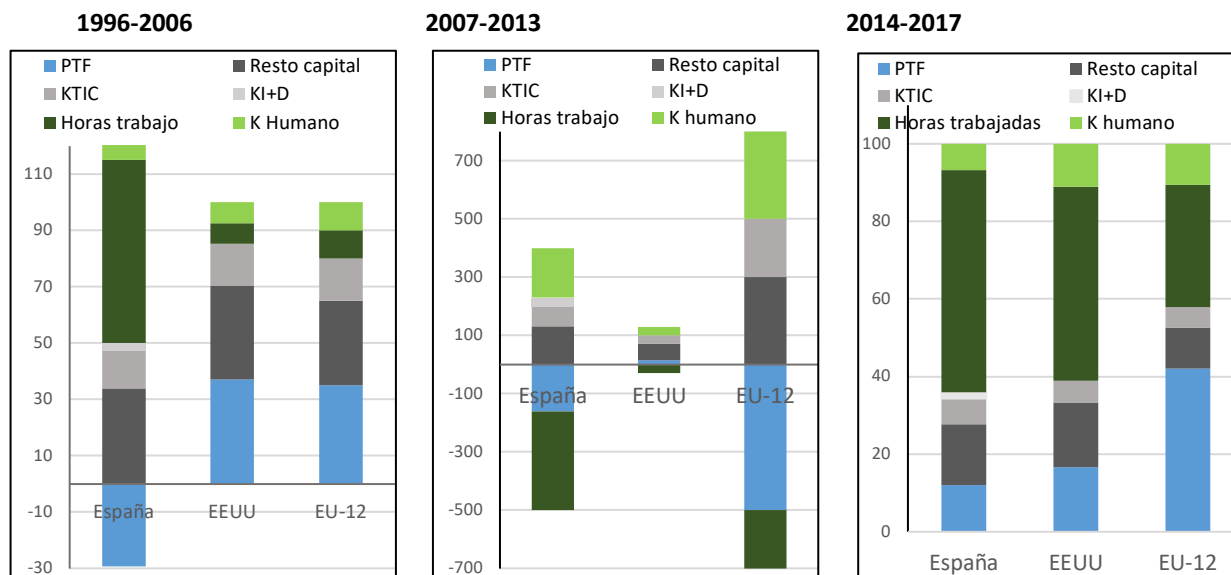
Sin embargo, en España la contribución de la cantidad de horas explica una parte mucho mas relevante del crecimiento que en EEUU y en la UE-12. Adicionalmente y de forma sistemática la contribución del capital tradicional en España, en términos absolutos, es mayor que en EEUU y que en la UE-12.

**Gráfico 3. Contribución del capital TIC, el capital humano y capital I+D (en p.p del crecimiento del VA)**

Sin embargo, cuando se expresan las contribuciones en términos relativos, es decir como porcentaje de la tasa de crecimiento del valor añadido (gráfico 4), la economía española destaca

no sólo por la debilidad de su PTF, sino por la importancia que tiene como fuente de crecimiento el componente horas de trabajo comparada con el resto de factores productivos en la economía española y con las fuentes de crecimiento en EEUU y en la UE-12.

**Gráfico 4. Contribución del capital TIC, capital humano y capital I+D (como porcentaje del crecimiento del VA.)**



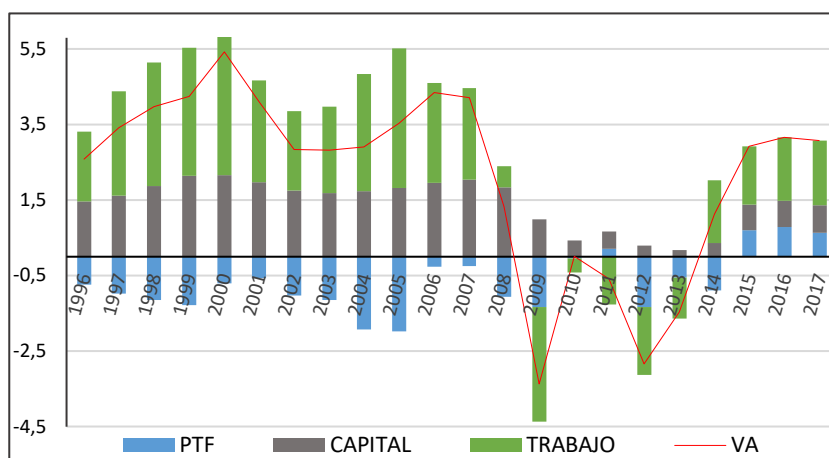
Se confirma así, que en el crecimiento de la economía española, la contribución de las horas pesa mas que en el resto de los países, mientras, que el factor capital humano pesa relativamente menos que en EEUU y en la UE 12 (salvo entre 2007 y 2013). En cuanto al peso del componente TIC con respecto al capital total, España presenta valores algo inferiores que a los registrados en EEUU y en la UE-12, algo que podría indicar un ritmo de renovación del capital tradicional mas lento en España que en el resto de las economías avanzadas (salvo entre 2014-2017). De hecho, hay que señalar que los datos americanos, aquí presentados, se refieren al periodo 1999-2006, por lo que no captan los inicios del proceso de inversión en TIC que se remontan a la segunda mitad de la década de los 90. De hecho y en este sentido, diversos trabajos estiman que la contribución media anual del capital TIC entre 1996 y 1999 fue de 1,1p.p. al crecimiento del PIB norteamericano.

### 3. EVOLUCIÓN DE LAS FUENTES DE CRECIMIENTO EN ESPAÑA

#### 3.1 Contabilidad del crecimiento

En el gráfico 5 se representa la contribución de los factores tradicionales y del progreso tecnológico en p.p. al crecimiento del valor añadido anual de la economía española para el periodo 1996-2017

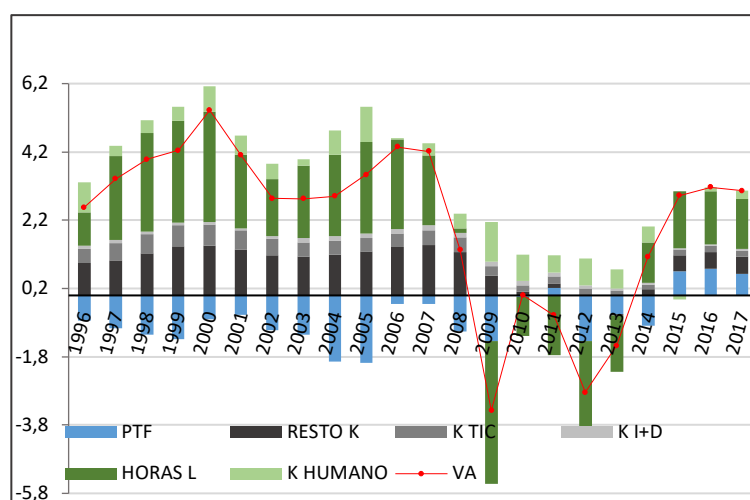
**Gráfico 5. Contabilidad del crecimiento: factores tradicionales y progreso tecnológico en España (p.p. del crecimiento el valor añadido)**



Los resultados obtenidos confirman que la fuente de crecimiento de la economía española es la acumulación de factores productivos y no la mejora de la eficiencia cuya contribución es solo positiva en 2010, y en los últimos tres años analizados. La contribución del factor trabajo, es pro cíclica y es responsable de la mayor parte de la variación del valor añadido. El capital mantiene una contribución positiva en todos los años, aunque durante los años de la crisis económica su contribución se divide por dos con respecto a los valores observados en la fase expansiva del ciclo. Así mismo, la contribución del capital TIC durante la fase de recuperación se mantiene por debajo de los niveles anteriores a 2009.

Se representa a continuación en el gráfico 6, la evolución de las contribuciones al incremento del valor añadido de los factores tradicionales junto con sus respectivas descomposiciones durante el periodo de la 1996-2017.

**Gráfico 6: Contribución del capital TIC, I+D y mejoras del capital humano en España ( p.p. del crecimiento del valor añadido)**



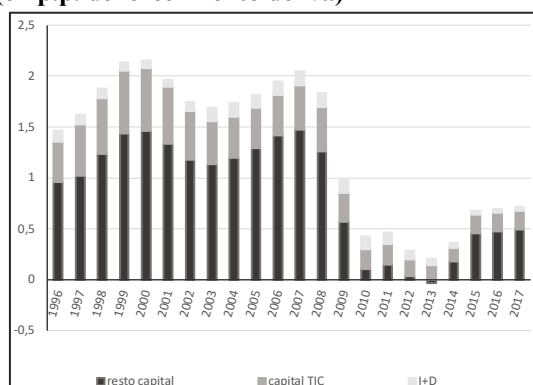
La descomposición del índice de capital por tipología de activos, muestra que la contribución del capital TIC es positiva en todos los años, aunque muestra unos valores más débiles, no sólo durante la fase de contracción económica sino también en la fase de recuperación. La contribución del intangible I+D mantiene una contribución cercana a 0.1 p.p anual constante en el periodo

observado. De nuevo la contribución de la mejora en el capital humano muestra una contribución positiva y de mayor magnitud durante los años de crisis lo que indica que el ajuste en el empleo se produce entre los trabajadores menos cualificados. Aún así, el componente que domina en la contribución del factor trabajo es, exceptuando los años de contracción económica, el factor cantidad de horas de trabajo, un fenómeno que se produce de forma mas acentuada en los años de mayor crecimiento del valor añadido como sucede en los años 1999-2001, 2006-2007 y 2015-2017.

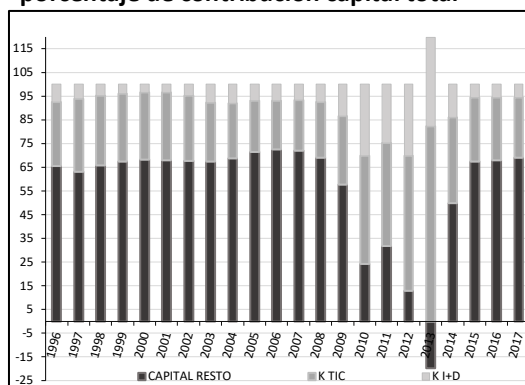
### 3.1.1 Descomposición de la contribución del capital

Se aborda en detalle la descomposición de la contribución de los activos de capital al crecimiento del valor añadido cuya evolución se representa en los gráficos 7 y 8.

**Gráfico 7. Contribución por activos de capital (en p.p. del crecimiento del va)**



**Gráfico 8. Contribución activos de capital como porcentaje de contribución capital total**



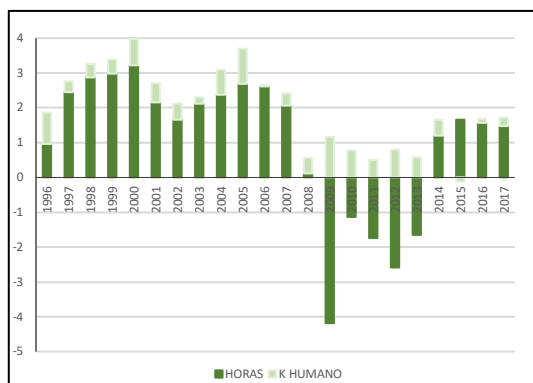
La descomposición de la contribución del capital entre la contribución del capital TIC, el capital intangible I+D y el resto del capital muestra que, en la economía española, la inversión en activos TIC contribuye a aumentar el valor añadido en cerca de 0.5 p.p. durante el ciclo expansivo y algo menos de 0.3 p.p. a partir de la crisis de 2007. A pesar de este descenso, en la medida que la contribución del resto de capital se divide casi por 10 entre los años 2007-2014, en términos relativos el capital TIC supone un 50% de la contribución del capital total. Sin duda un aumento de la relación de la contribución del capital TIC con respecto a la contribución total del capital, es un signo positivo pues apunta a un proceso de sustitución del capital tradicional por el capital tecnológico. Sin embargo, este proceso remite en la fase de recuperación pues a partir de 2015 el peso de la contribución del capital tradicional vuelve a situarse por encima del 50% de la contribución total del capital.

Es interesante mencionar que la contribución del capital I+D se mantiene estable en el periodo analizado pero tiende a aumentar su peso relativo en la contribución del capital total a partir de 2007. A modo de conclusión, España presenta un rasgo diferencial con respecto al papel que desempeña el capital como fuente de crecimiento. Si bien la contribución del capital TIC es relativamente estable y en términos absolutos se sitúa por encima de los países de la UE (EU-12), la contribución del capital tradicional (salvo en los años de crisis) sigue predominando en el conjunto del capital total, algo que puede lastrar el avance de la PTF a medio plazo.

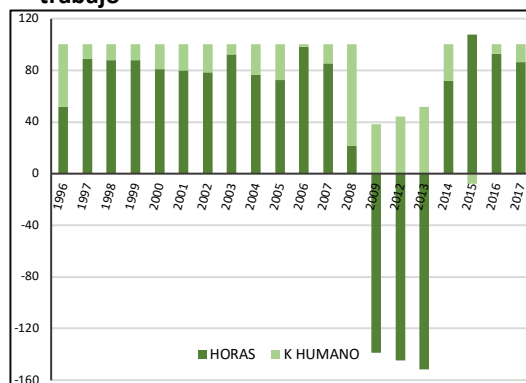
### 3.1.2 Descomposición de la contribución del factor trabajo

La descomposición del índice de servicios laborales permite medir cuánto contribuye el incremento de las horas de trabajo manteniendo el nivel de capital humano constante y, alternativamente, cuánto contribuye la mejora del capital humano con la misma cantidad de horas de trabajo. Se representan en los gráficos 9 y 10 la evolución de estos dos componentes en puntos porcentuales y como porcentaje de la contribución del índice de servicios laborales.

**Gráfico 9. Contribución del capital humano y horas (p.p. del crecimiento del valor añadido)**



**Gráfico 10. Contribución capital humano y horas como porcentaje de la contribución total trabajo**



Los gráficos anteriores muestran que el comportamiento de estos dos componentes está muy ligados al ciclo económico. En momentos de recuperación el efecto horas contribuye proporcionalmente mas que el efecto mejora del capital humano mientras que durante las fases de desaceleración económica la contribución de la mejora del capital humano mantiene su signo positivo frente una contribución negativa del componente horas. Sin embargo, este patrón parece agotarse a partir del momento en el que se inicia la recuperación, pues a partir del 2015, el componente horas contribuye mas del 80% de la contribución del índice de servicios laborales algo que podría poner en peligro los avances de la PTF registrados desde 2016.

## 4. CONTRIBUCIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN ESPAÑA

Para medir la contribución de la digitalización en la economía española se plantea una medida de los efectos totales de la digitalización desde el enfoque de la producción. Esta medida se calcula como la suma de los efectos de la inversión en los activos de capital TIC (software, hardware y comunicación), de la inversión en intangible I+D, de la mejora del capital humano y del progreso tecnológico o crecimiento de la PTF. De forma complementaria, se aísla el componente del progreso tecnológico del resto de los inputs, lo que da lugar a una medida de los efectos generados por los inputs de digitalización ( $ktic+kid+kh$ ). y que desde Griliches se interpreta como progreso técnico incorporado. Se entiende por progreso técnico incorporado algo que se produce como consecuencia de mejoras de diseño, calidad, o innovaciones incorporadas en el input capital o trabajo. Alternativamente, se proporciona una medida de inputs de digitalización en sentido estrecho excluyendo, de la medida anterior, los efectos de las mejoras del capital humano, pues no se puede asegurar que toda la mejora del capital humano está vinculada a titulaciones relacionadas con la digitalización.

Adicionalmente, para estudiar los efectos del progreso tecnológicos y la digitalización entre las distintas ramas de actividad de la economía española, se aplica esta metodología a la tasa de crecimiento de la producción por ramas por lo que se debe incorporar al modelo de la contabilidad

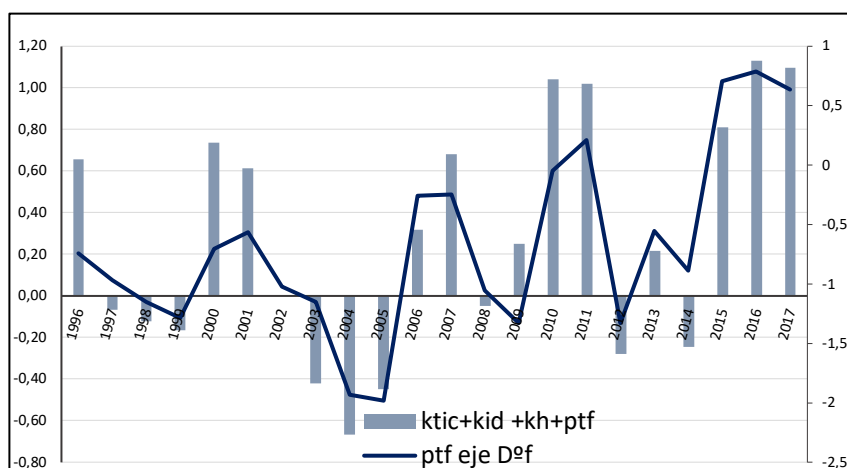
del crecimiento el papel de los consumos intermedios como factor productivo adicional. En este contexto, junto a los ya citados inputs de digitalización, es necesario sumar el efecto de los consumos intermedios en productos y servicios TIC. Es importante resaltar aquí que la medida resultante de la PTF de las distintas ramas de actividad calculada sobre la tasa de crecimiento de la producción no conduce por agregación a la obtenida desde el agregado valor añadido, pues la medida de PTF calculada sobre el valor añadido omite cualquier efecto de los consumos intermedios en la PTF, algo que sin embargo está incorporado en la medida de la PTF basada en la producción.

#### 4.1 Contribución de la digitalización agregada

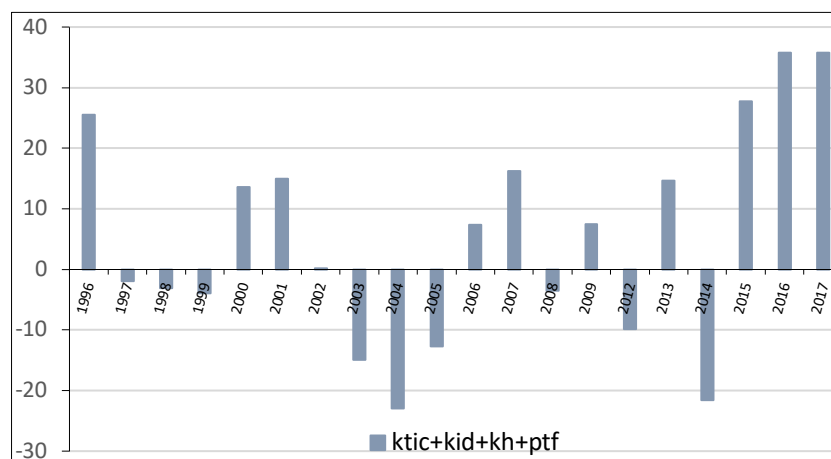
La medida la contribución de la digitalización en el incremento del valor añadido de la economía española en términos agregados entre 1996 y 2017 se reproduce en los gráficos 11 y 12.

##### 4.1.1 Contribución de la digitalización total sobre el valor añadido

**Gráfico 11: Contribución de la digitalización total en p.p. del crecimiento del VA**



**Gráfico 12: Contribución de la digitalización total como porcentaje del crecimiento del VA**



La contribución de la digitalización total es, durante 10 de los 22 años observados, positiva, situándose dicha contribución para nueve de ellos, entre 0,6 p.p. y 1,1 p.p. del crecimiento anual del valor añadido. Estos resultados dan una idea de la magnitud de los efectos macroeconómicos



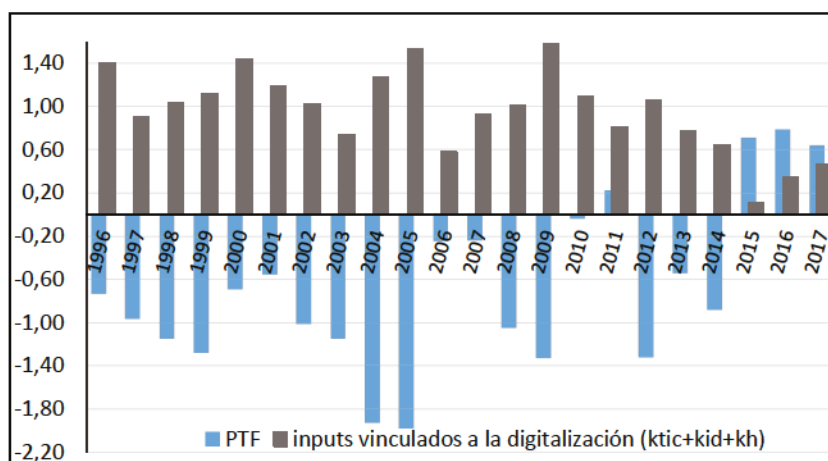
de la digitalización, contemplados desde el lado de la oferta y en términos agregados, pues son responsable de mas del 20% del crecimiento observado en al menos 6 años del periodo analizado (se omite, por problemas de escala los datos para los años 2010 y 2011 que en cualquier caso explican mas del 100% del crecimiento del valor añadido)

De los gráficos anteriores y en particular del gráfico11, se constata la fuerte correlación que existe entre los efectos totales de la digitalización y la evolución de la PTF, pues es éste último componente el que determina la magnitud de los efectos totales de la digitalización.

#### 4.1.2 Contribución de los inputs de digitalización

En la medida que los efectos de la digitalización sobre el valor añadido vienen determinados por el comportamiento de la PTF, resulta esclarecedor descomponer la contribución de digitalización entre la contribución derivada de los inputs vinculados a la digitalización y la derivada del progreso tecnológico o PTF. Los resultados obtenidos se representan en el gráfico 13.

**Gráfico13. Contribución de los inputs digitalización en p.p. del crecimiento del VA**



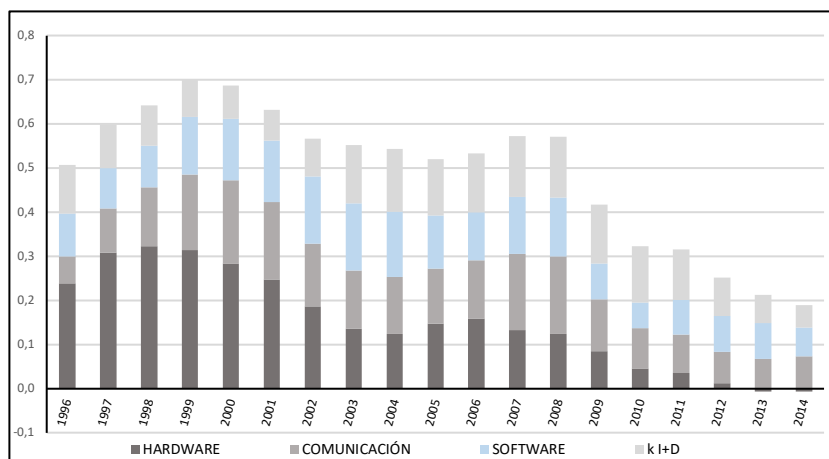
Cuando se aíslan los efectos del progreso tecnológico de los efectos derivados de los inputs vinculados a la digitalización, la contribución de estos últimos aumenta hasta una horquilla de 0.6 pp-1.4 p.p. entre 1996 y 2014, lo que da cuenta de la magnitud de dichos efectos.

En síntesis, una parte muy relevante del crecimiento económico en España se debe a la inversión en activos de capital TIC, en el intangible I+D y en el capital humano, algo que nos sitúa en línea con los principales países de la OCDE. Sin embargo, a diferencia de lo que sucede en estos mismos países, este esfuerzo de inversión en activos vinculados a las tecnologías no se ha traducido en mayores tasas de crecimiento de la PTF agregada entre 1996 y 2015 lo que confirma que la inversión en activos tecnológicos tangibles e intangibles que vehiculicen la digitalización, es condición necesaria pero no suficiente para alcanzar mejoras de productividad.

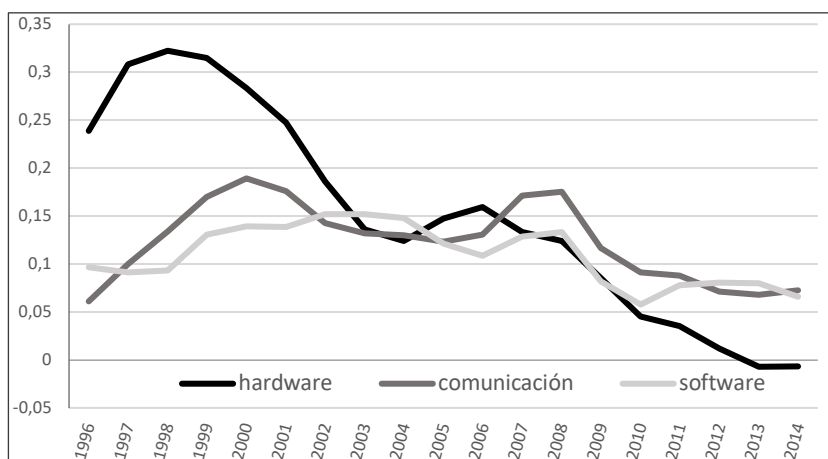
#### 4.1.3 Contribución por tipos de activos TIC

La contribución de los inputs vinculados a la digitalización se descompone en la contribución de cada uno de los tres tipos de activos que se clasifican como activos de capital TIC: el hardware, el software y las comunicaciones. El gráfico 14 muestra la contribución de estos tres activos de capital por p.p. y en el gráfico 15 como porcentaje del crecimiento del valor añadido. Los datos obtenidos con este nivel de desagregación por activos de capital TIC únicamente están disponibles hasta el año 2014.

**Gráfico 14. Contribución por activos de capital TIC e I+D, en p.p. de la contribución de los activos TIC al crecimiento del VA**



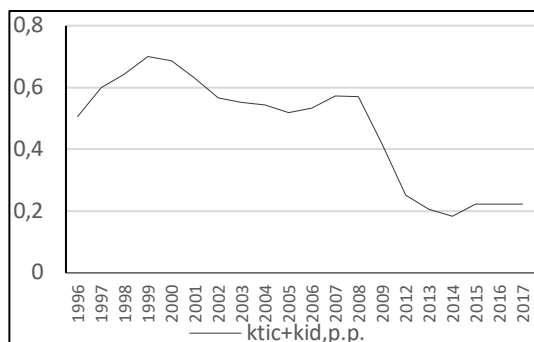
**Gráfico 15. Evolución de las contribuciones por activos de capital TIC**



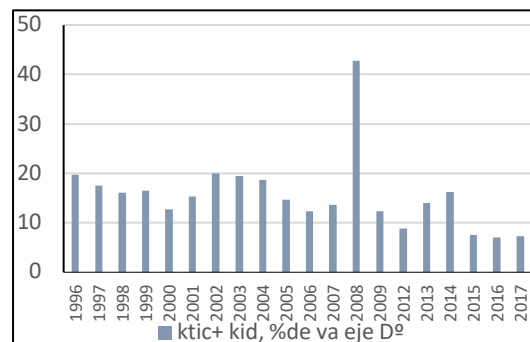
Cada uno de los activos de capital vinculados a la digitalización explica una parte pequeña del crecimiento del valor añadido, siendo el valor mas alto de 0,3p.p. y para el hardware entre los años 1997-1999. Los datos apuntan a que la contribución del software y de comunicación tiende a aumentar su peso en detrimento de la contribución del hardware. Hay que destacar el descenso continuado de la contribución del hardware desde algo 0,3 p.p. al principio del periodo a una contribución nula en 2014. A pesar de que las contribuciones de comunicaciones y software sean mas estables, e incluso en el caso de software repunten a partir de 2010, dichos valores no compensan la fuerte caída de la contribución del hardware.

#### 4.1.4 Contribución de los inputs de digitalización en sentido estrecho

**Gráfico 16 Contribución de los inputs digitalización (SE) en p.p.**



**Gráfico 17. Contribución de los inputs digitalización (SE) en p.p. y como porcentaje del crecimiento del valor añadido**



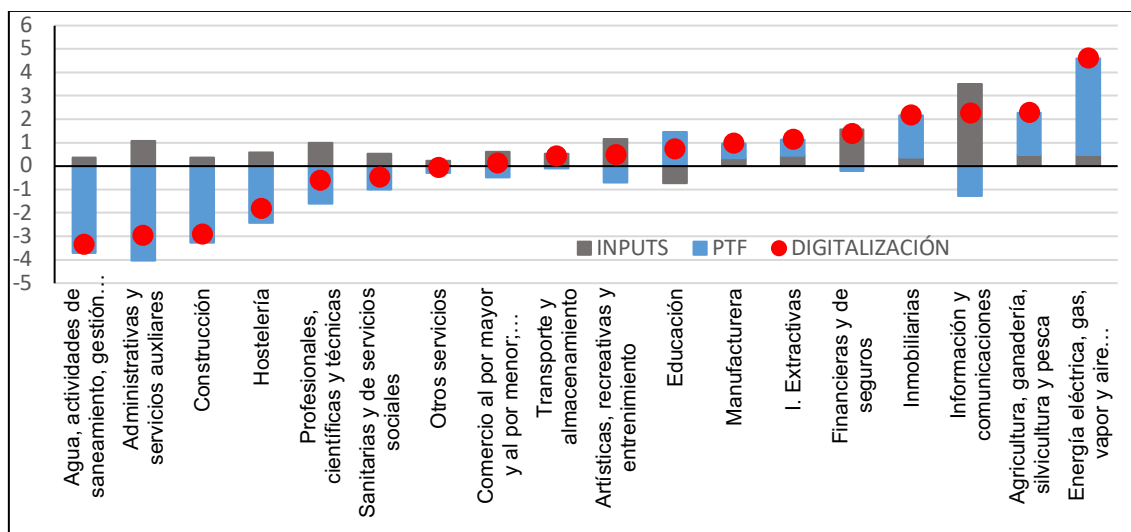
Cuando se elimina de la contribución de los inputs vinculados a la digitalización, la parte correspondiente a la mejora del capital humano entonces, la contribución total del capital TIC junto con la del intangible I+D resulta menor, situándose dichas contribuciones entre 0,2 y 0,4 p.p. (mas allá del 0,8 p.p. a registrado en 2008). Los inputs vinculados a la digitalización suponen cuando se omite el capital humano mas de un 30% del crecimiento del valor añadido durante la fase expansiva del ciclo económico pero sólo entre un 10 -15 % a partir del 2013

#### 4.2 CONTRIBUCIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN POR RAMAS DE ACTIVIDAD

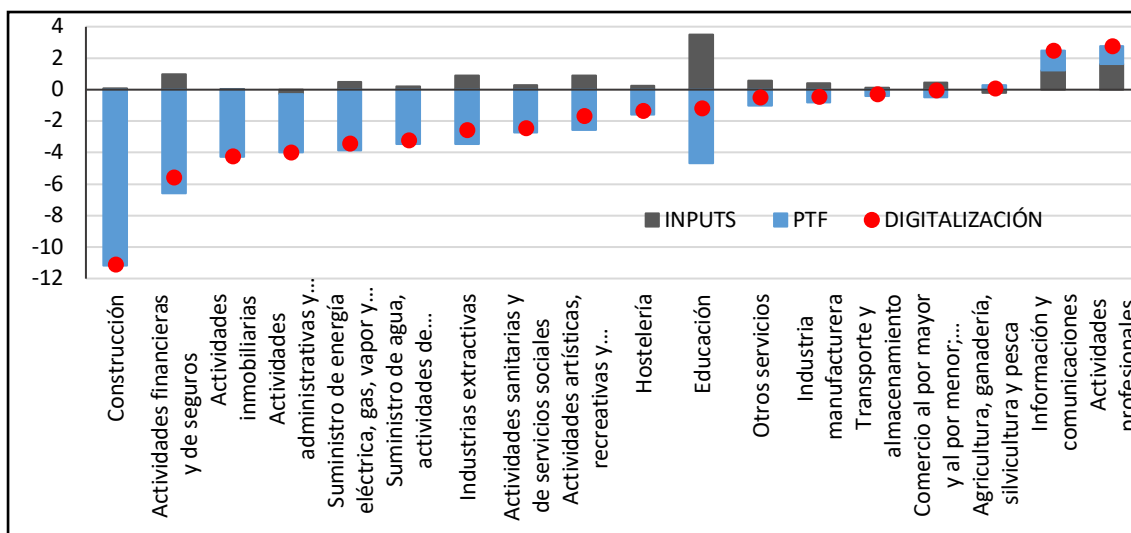
Se profundiza en el análisis del impacto de la digitalización en España, desagregando la economía en 18 ramas de actividad para el periodo 1996-2014. En el anexo II.2 se detalla la desagregación por ramas que se utiliza en el estudio. Se aplica el modelo de la contabilidad del crecimiento partiendo de la tasa de crecimiento de la producción de cada rama y se introducen los consumos intermedios como factor productivo adicional. El impacto de la digitalización se mide entonces como la suma del crecimiento de la PTF y de la contribución de los inputs de digitalización, es decir, capital humano, capital TIC, intangible I+D y consumo intermedio TIC: Se identifican consumos intermedios en cinco bienes y servicios TIC de acuerdo a la definición de 2007 de la OCDE y que son: *maquinaria de equipo y oficina, recepción y reproducción de sonido e imagen, otro material electrónico, servicio de telecomunicación y servicio de informática*. La medida de la PTF que se deriva de la producción es la opción recomendada (frente a la medida de PTF basada en el valor añadido) para analizar los efectos del progreso técnico, precisamente por las transferencias de productividad que se producen entre aquellas ramas que usan consumos intermedios de forma mas eficiente.

##### 4.2.1 Contribución de la digitalización total sobre la producción

La suma de la contribución de los inputs vinculados a la digitalización (capital humano, capital TIC, el activo I+D y consumos intermedios TIC) y de la tasa de crecimiento de la PTF por ramas nos proporciona la medida de la contribución de la digitalización en puntos porcentuales al incremento de la producción de cada rama. Se representa en el gráfico 18 a-c la contribución de la digitalización por ramas de actividad por orden creciente, junto con sus componentes para cada uno de los tres periodos analizados.

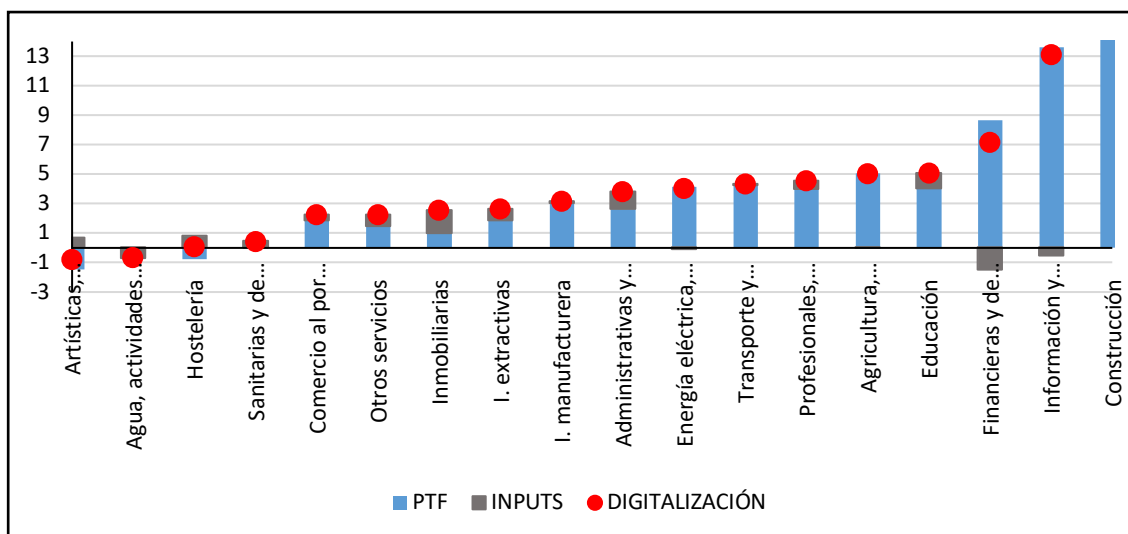
**Gráfico 18. Contribución de la digitalización por ramas de actividad (p.p)****a. 1996-2007**

El impacto de la digitalización en el crecimiento de la producción por ramas de actividad durante el periodo 1996-2007 es muy diverso puesto que su contribución se mueve entre -4 p.p. y cerca de 5 p.p en la rama de la energía, siendo la media ponderada para el conjunto del periodo de 0 p.p. En prácticamente todas las ramas y en línea con lo observado en el agregado, el impacto está determinado por el comportamiento de la PTF, algo que sin embargo no se produce en las ramas de la actividad financiera, de la información y comunicación y actividades artísticas: en estas tres ramas, la contribución de los inputs de digitalización la TIC tiene un mayor peso en el valor del impacto total de la digitalización.

**b. 2007-2013**

Durante los años de crisis económica, todas las ramas salvo la de información y comunicación y de actividades profesionales, ahondan en sus pérdidas de eficiencia situándose la media ponderada en -2,3 p.p. Esto, junto a la disminución de la contribución de los inputs de digitalización (salvo en la rama de educación) hunde el impacto de la digitalización hasta -11 p.p. en la construcción y en torno a -4p.p. en las ramas de actividades financieras, inmobiliarias, administrativas, energía eléctrica y extractivas.

## c. 2014



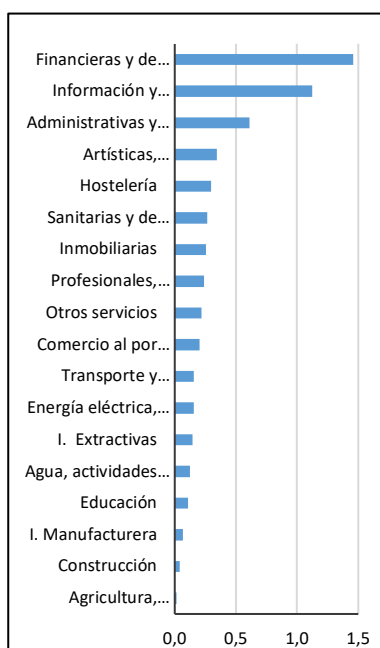
En 2014, la contribución de la digitalización destaca por su signo positivo en prácticamente todas las ramas, situándose por encima de 5 p.p. en siete ramas de actividad (aunque por debajo de la media ponderada de 7,5 por el valor de la contribución en la construcción). De nuevo tras la crisis económica, el impacto de la digitalización está determinado prácticamente en su totalidad por el efecto de la PTF. En las ramas financieras, de la información y de la comunicación el impacto de la digitalización es muy importante pues se sitúa en torno a 10 p.p aunque, es en la construcción donde la digitalización tiene su mayor impacto máximo, pues alcanza hasta 50p.p. (no se representa en el gráfico por problemas de escala). Sin duda la profunda crisis en este sector, que ha propiciado la salida de empresas no eficientes del ramo y el descenso dramático de los precios del output de la construcción, están detrás de la magnitud del impacto de la digitalización y ganancias de eficiencia.

## 4.2.1.1 Contribución de los inputs de digitalización

*Contribución del capital TIC por rama de actividad*

Gráfico19. Contribución del capital TIC por ramas de actividad (p.p.)

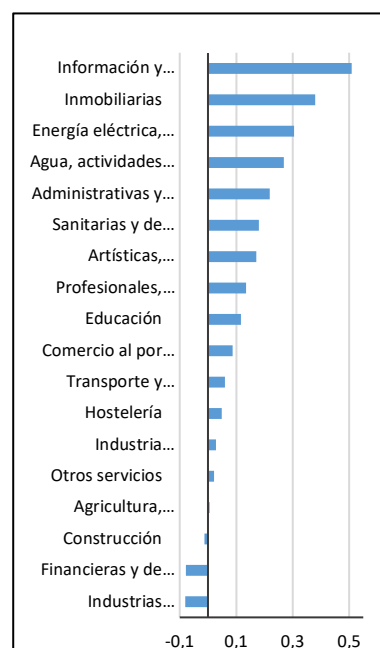
a.1996-2006



b. 2007-2013



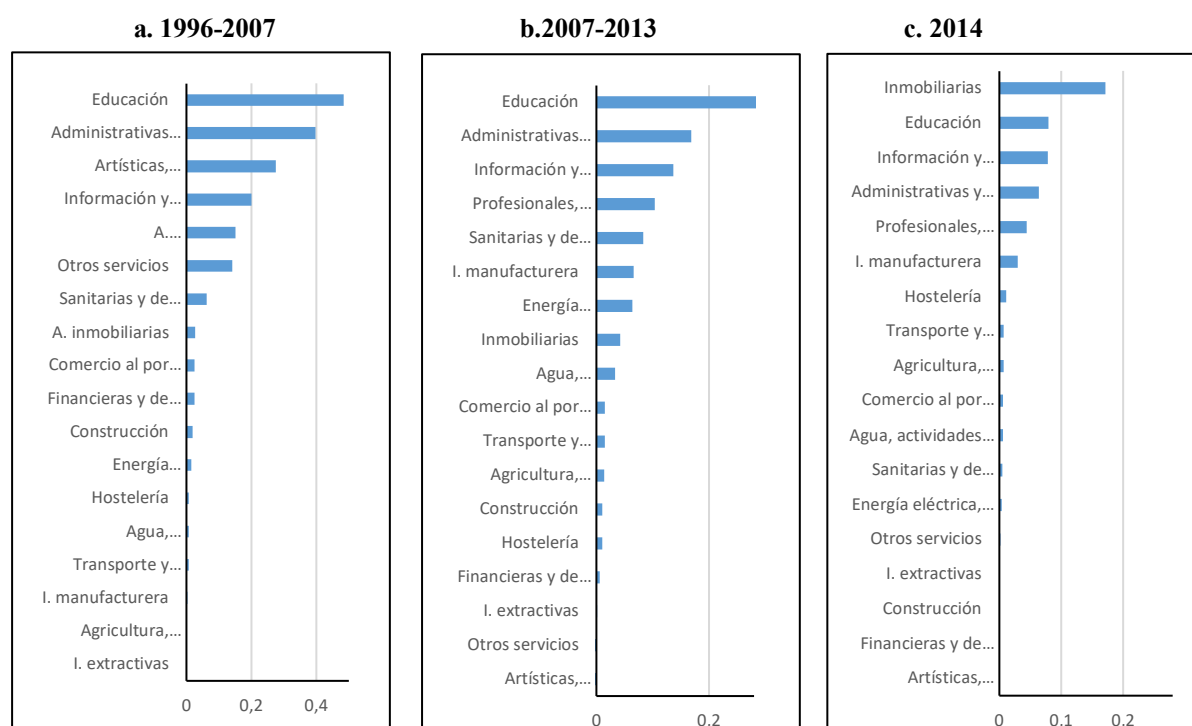
c. 2014



La contribución del capital TIC muestra un perfil descendente a lo largo del periodo observado, siendo en 2014 y en todas las ramas muy débil (por debajo de 0,05 p.p salvo en la rama de la información y comunicación). Entre los años 1996-2007, la mayor contribución del capital TIC se localiza en las ramas de la información y de la comunicación y supone cerca de un punto y medio anual del crecimiento de la producción en el primer periodo y medio punto anual durante el periodo 2007-2010. La contribución del capital TIC media anual hasta el año 2013 es relevante en algunas ramas de los servicios (comercio, actividades administrativas y la hostelería) y en las ramas de la energía y suministro de agua. Destaca la evolución negativa de la contribución del capital TIC en las ramas financieras pues su valor pasa de 1,5 p.p. a valores negativos a partir del año 2007.

### *Contribución de la I+D*

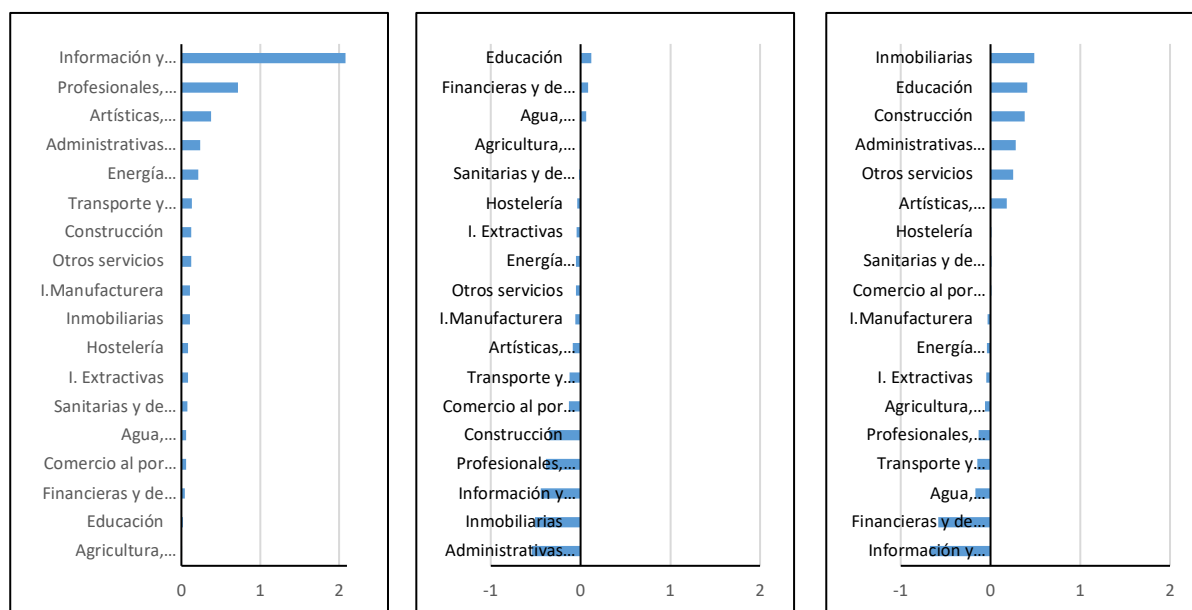
**Gráfico 20. Contribución de la I+D por ramas de actividad (p.p.)**



La contribución del activo de capital intangible I+D al crecimiento del producto es positiva en todas las ramas, aunque su valor es inferior al de la contribución del capital TIC. De forma general, la contribución de la I+D es mayor en las ramas de los servicios. En concreto, las ramas de actividades administrativas y profesionales, educación, información y comunicación e inmobiliarias se sitúan en la parte alta del gráfico durante los tres periodos. De nuevo, destaca a partir del año 2010, la rama financiera por una contribución prácticamente nula de la inversión en I+D.

## Contribución de los consumos intermedios TIC

**Gráfico 21. Contribución de los consumos intermedios TIC al crecimiento del producto (p.p.)**  
**1996-2007                      b. 2007-2013                      c. 2014-2015**

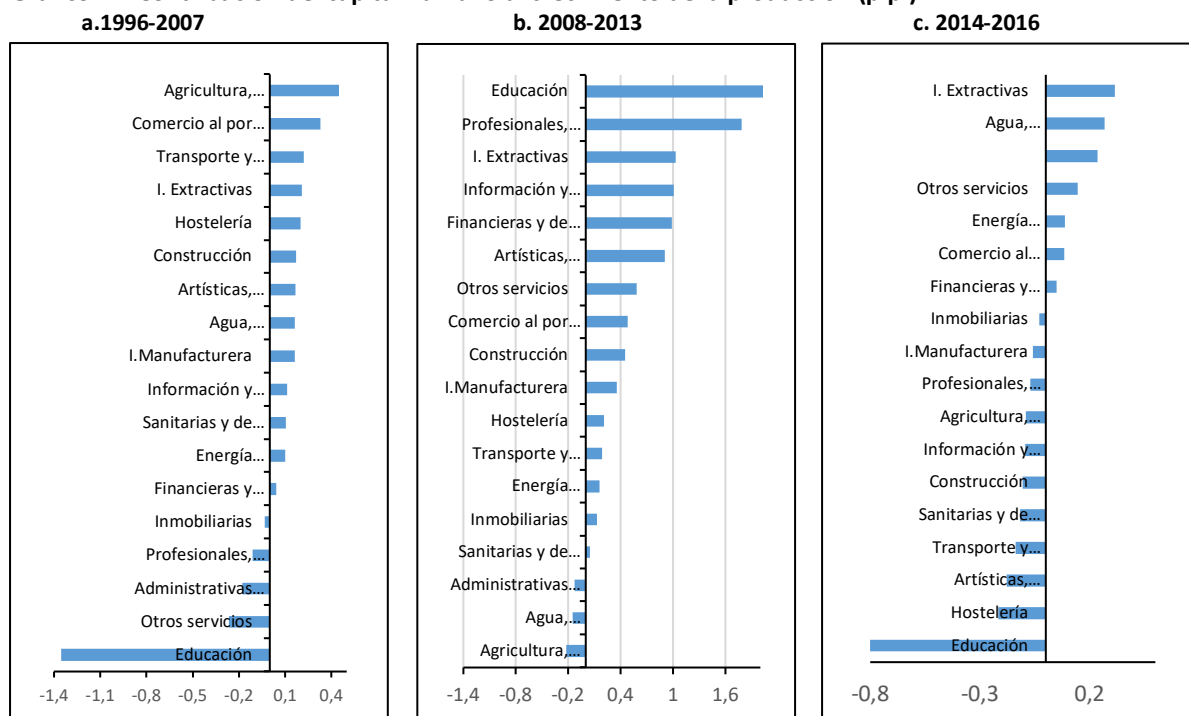


La contribución de los consumos intermedios al crecimiento de la producción de cada rama se representa en los gráficos 21 a-c. De los mismos se desprende una contribución de los CI TIC pro cíclico entre los años 2006-2013, algo propio de los consumos intermedios. De las contribuciones de todos los inputs vinculados a la digitalización, es la de los consumos intermedios TIC la que presenta mayores diferencias tanto entre periodos como entre ramas. Entre 1996 y 2007, en todas las ramas los consumos intermedios TIC contribuyen positivamente al incremento del producto desde algo mas de 0,3 p.p. y hasta 2 p.p. p en las ramas de la información y comunicaciones. Las ramas de hostelería, comercio y transporte así como las ramas de la energía, construcción y de las manufacturas arrojan contribuciones entre 0,3 pp y 0,8 p.p. Sin embargo, entre 2007 y 2013, estos valores se tornan negativos en la mayoría de las ramas, llegando incluso a restar cerca de 0,5 p.p. en la tasa de crecimiento de la producción de las ramas de actividades administrativas y servicios auxiliares, inmobiliarias y de la información. En el año 2014, los datos muestran que a pesar de que la tasa de crecimiento de la producción sea positiva en la mayoría de las ramas, las contribuciones de los consumos intermedios TIC son nulas o incluso negativas en un número relevante de ramas (información, financiera, Suministro de agua y saneamiento) lo que podría indicar un uso menos intensivo de consumos intermedio TIC tras los años de crisis económica o lo que es lo mismo una sustitución de consumos intermedios por otros factores productivos como podría ser el capital humano o el capital TIC.



## Contribución del capital humano

**Gráfico 22. Contribución del capital humano al crecimiento de la producción (p.p.)**



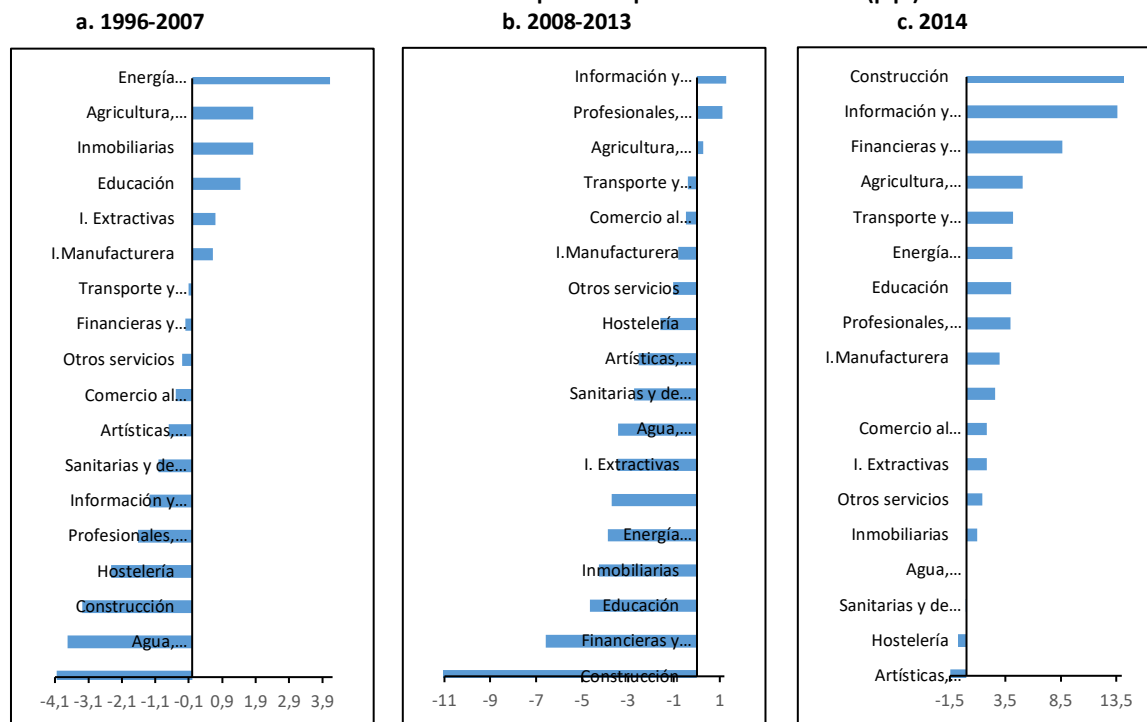
El capital humano es el único input de digitalización que muestra un comportamiento contracíclico, pues los valores mayores de su contribución se alcanzan durante los años de crisis 2007-2013 (en el gráfico 22 a-c). Durante este periodo, en mas de siete ramas el incremento del capital contribuye por lo menos con un 0,8 p.p. en las ramas de la educación, actividades profesionales, industria extractiva, información y comunicación, y financieras. De nuevo y en línea con lo que sucedía con los consumos intermedios TIC, en el periodo 2014-2016, el capital humano modera su contribución situándose incluso en valores negativos en un número, no desdeñable, de ramas, entre las que se encuentran las ramas de información y comunicación, transportes, y construcción.

### 4.2.1.2 Contribución de la PTF por ramas de actividad

Los datos de la tasa de crecimiento de la PTF media anual por rama de actividad (gráfico 23 a-c) muestran diferencias muy notables entre las distintas ramas de actividad, puesto que en todos los periodos considerados junto a ramas que muestran abultadas pérdidas de eficiencia en la combinación de sus factores productivos, otras ramas arrojan importantes ganancias de productividad. Así, en la rama de energía en el periodo 1996-2006, el incremento de la PTF contribuye con cerca de 4 p.p, mientras que en la rama de actividades administrativas o de suministro del agua la pérdida de eficiencia resta 4 p.p. a la tasa de crecimiento de su producción. Así mismo, durante los años de crisis la PTF incrementa la producción de la rama de la información y comunicación en cerca de 1 p-p mientras que a la construcción le resta mas de 10 p.p. Las ganancias de PTF se extienden a la mayoría de las ramas en el año 2014, llegando incluso a suponer en varias ramas más de 5 p.p. del crecimiento del producto. Es necesario, recordar aquí que los datos de la PTF del último periodo se refieren a un único año (2014) por lo que se deben interpretar con cautela, pues lo idóneo a la hora de analizar datos de crecimiento de la PTF es tomar el valor anual medio de un conjunto de años, dado que la PTF se calcula como residuo y

que por lo tanto recoge cualquier error en la medida de sus inputs o producción. Aun así, los datos apuntan a una clara mejoría de la eficiencia en la mayoría de las ramas de actividad, y en particular en las ramas de la construcción, de nuevo, de la información y comunicación y en las ramas de actividades financieras

**Gráfico 23. Contribución de la PTF al crecimiento del producto por ramas de actividad (p.p.)**



## 5. VALOR DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN ESPAÑA

A partir de los resultados obtenidos del modelo de la contabilidad de crecimiento se puede estimar el valor del impacto en euros del año de referencia (2010) de los efectos totales de la digitalización y su correspondiente descomposición entre PTF y contribución de los inputs de digitalización. De nuevo, cuando se estiman dichos efectos de forma agregada se miden sobre el incremento del valor añadido mientras que cuando se mide el impacto de la digitalización por ramas de actividad, la medida resultante es una medida de contribución sobre el crecimiento de la producción. En el análisis por ramas de actividad, junto a los inputs capital humano, capital TIC, el activo intangible I+D hay que añadir como input vinculado a la digitalización, los consumos intermedios de bienes y servicios TIC. La metodología empleada se describe en el anexo I.2.

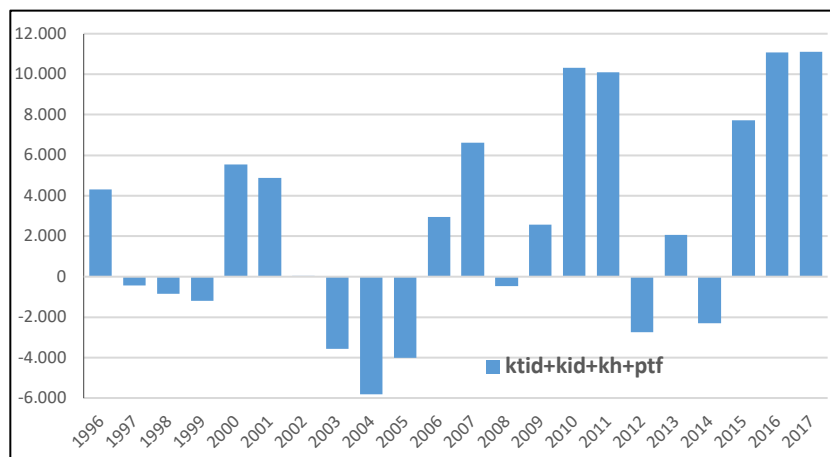
Finalmente, para poner en perspectiva el valor en euros de los efectos de la digitalización en España en el contexto europeo y de los países líderes en PTF, se explota la base de datos de World-KLEMS (junio 2017) y aplica la misma metodología que se sigue para el cómputo de los efectos de digitalización para la UE-12 y EEUU. Los resultados obtenidos se comparan en los gráficos 27-30.

## 5.1 Valor del efecto agregado de la digitalización en el crecimiento del valor añadido

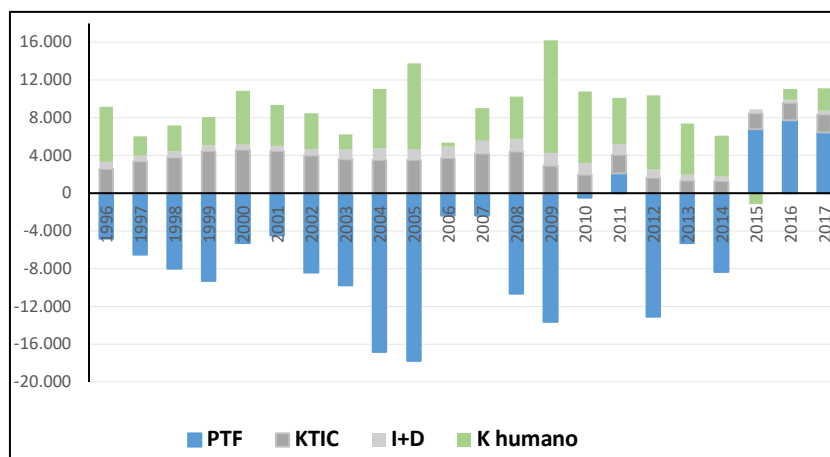
### 5.1.1 Valor del efecto total de la digitalización

Se representa en los gráfico 24 y 25 el valor del efecto de la digitalización total y el valor correspondiente a cada uno de sus componentes, es decir el valor del efecto del incremento de los activos de capital TIC, del intangible I+D , del capital humano y del progreso tecnológico en el incremento del valor añadido.

**Gráfico 24 Valor del efecto de la digitalización total en el valor añadido (millones de euros)**



**Gráfico 25 Valor del efecto total de la digitalización por inputs y PTF (millones de euros)**



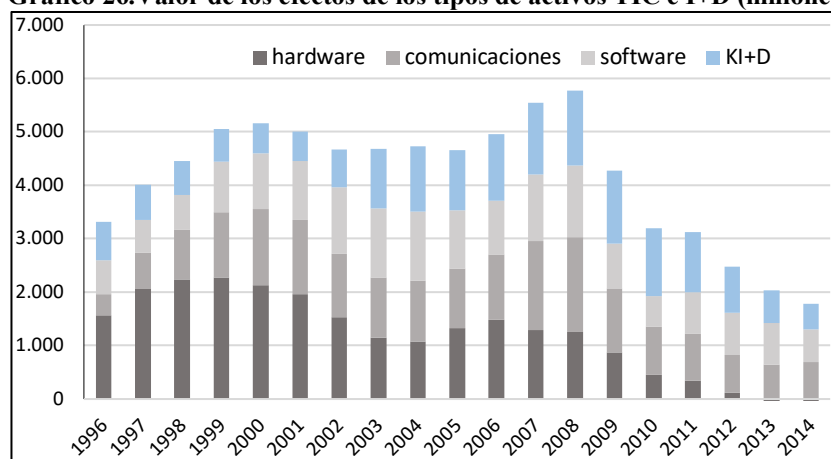
La digitalización tiene un impacto total en el valor añadido agregado y para el conjunto de todos los años de 57.841 millones de euros (del año de referencia 2010) o 1.245,8 euros per cápita, lo que equivale a 5,7% del PIB del año 2016 (medido en euros del año 2010). Cuando se elimina el componente del progreso tecnológico, el efecto de los inputs vinculados a la digitalización aumenta hasta los 182.407 millones de euros, equivalente a 3.299,1 euros per cápita o 18,03% del PIB, pues la contribución del progreso tecnológico es para el conjunto del periodo observado negativa y de -124.593 millones de euros equivalentes a 12,3 % del PIB. Con respecto a los inputs de digitalización, el efecto mayor, se produce por la mejora del capital humano (97.058 millones

de euros o 9,6% del PIB), seguido por el efecto del capital TIC (66.567 millones de euros o 6,5% del PIB) y en último lugar por el intangible I+D, cuyo efecto tiene un valor de 18.782 millones de euros (1,9% del PIB). Cuando la medida de inputs de digitalización no incluye el valor de los efectos de la mejora del capital humano (ni de la PTF) el valor total de los efectos de los inputs de digitalización en sentido estrecho se sitúa en de 85.349 o 8,4% del PIB.

### 5.1.2 Valor del efecto por tipo de activo TIC en España

Por último, se puede descomponer el valor del efecto de los inputs de la digitalización (sin incluir el capital humano) entre sus distintos tipos de activos de capital tangibles (hardware) e intangibles (software e I+D) para el periodo 1996-2014. Los resultados obtenidos se muestran en el gráfico 26.

**Gráfico 26. Valor de los efectos de los tipos de activos TIC e I+D (millones de euros)**



El valor de los efectos de los inputs vinculados a la digitalización alcanzó su máximo en el año 2007 y 2008 que se situó en 5500 millones de euros en ambos años. Sin embargo, tras la salida de la crisis, el valor del efecto del hardware en el crecimiento agregado es prácticamente nulo, lo que reduce el valor del efecto de los inputs de la digitalización (sin incluir el valor del efecto del capital humano) hasta algo menos de 2000 millones de euros en 2014.

## 5.2 Valor del efecto de la digitalización por ramas de actividad en el crecimiento de la producción

Se presenta en la tabla 3 el valor acumulado del impacto de la digitalización por ramas de actividad en millones de euros y como porcentaje de la producción media anual del conjunto del periodo 1996-2014. El valor acumulado del impacto de la digitalización en la producción por ramas de actividad es muy diverso pues, si bien para la industria manufacturera el impacto de la digitalización es positivo y de 61.124 millones de euros, en la rama de la construcción el impacto es negativo y se sitúa cerca de -140.000 millones de euros. En cuatro de las ramas, el impacto de la digitalización se sitúa por encima los 10.000 millones de euros, mientras que en siete ramas la digitalización resta a la producción un valor de entre -12.000 -144.000 millones de euros según las ramas. En la rama de suministro del agua, de las actividades administrativa y servicios auxiliares, de la sanidad y de la construcción, el efecto de la digitalización (medido sobre el crecimiento del producto) llega a suponer cerca de -50% de la producción media anual de cada rama. El mayor impacto del valor de la digitalización sobre la producción se localiza en las ramas de la información y comunicación y se sitúa cerca del 25% de su producción anual media. Para el resto de las ramas en las que el valor es positivo (exceptuando la agricultura y pesca), el valor de la digitalización supone entre un 1 y algo mas de 5.% de la producción media anual de cada una.

**Tabla 3: Valor acumulado del impacto de la digitalización en el incremento de la producción por ramas**

	En millones de euros constantes (1996-2014)			Como porcentaje de la producción media anual		
	DIGITALIZACIÓN (1=2+3)	INPUTS DE DIGITALIZACIÓN (2)	PTF (3)	DIGITALIZACIÓN	INPUTS DE DIGITALIZACIÓN	PTF
INDUSTRIA MANUFACTURERA	61.124	31.579	29.545	11,8	6,1	5,7
INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	42.228	24.387	17.841	58,9	34,0	24,9
ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS	15.363	14.546	816	22,8	21,6	1,2
AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA	11.661	1.520	10.142	26,1	3,4	22,7
COMERCIO AL POR MAYOR Y AL POR MENOR; REPARACIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR Y MOTOCICLETAS	10.061	14.467	-4.406	5,8	8,4	-2,6
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO	6.882	4.506	2.377	12,0	7,9	4,2
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	4.493	5.470	-977	4,6	5,6	-1,0
EDUCACIÓN	1.885	10.748	-8.863	3,5	19,8	-16,3
INDUSTRIAS EXTRACTIVAS	-354	970	-1.324	-4,5	12,3	-16,8
OTROS SERVICIOS	-402	947	-1.349	-2,2	5,2	-7,5
ACTIVIDADES ARTÍSTICAS, RECREATIVAS Y ENTRENIMIENTO	-2.274	4.436	-6.710	-8,7	17,0	-25,7
SUMINISTRO DE AGUA, ACTIVIDADES DE SANEAMIENTO, GESTIÓN DE RESIDUOS Y DESCONTAMINACIÓN	-12.807	781	-13.588	-60,3	3,7	-63,9
ACTIVIDADES INMOBILIARIAS	-13.427	4.921	-18.348	-13,8	5,1	-18,9
ACTIVIDADES FINANCIERAS Y DE SEGUROS	-18.657	16.479	-35.136	-25,3	22,3	-47,6
ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS Y SERVICIOS AUXILIARES	-25.519	2.388	-27.907	-57,0	5,3	-62,4
HOSTELERÍA	-30.579	8.613	-39.192	-28,6	8,1	-36,7
ACTIVIDADES SANITARIAS Y DE SERVICIOS SOCIALES	-55.602	7.092	-62.693	-63,9	8,2	-72,1
CONSTRUCCIÓN	-143.979	14.850	-158.829	-55,1	5,7	-60,8

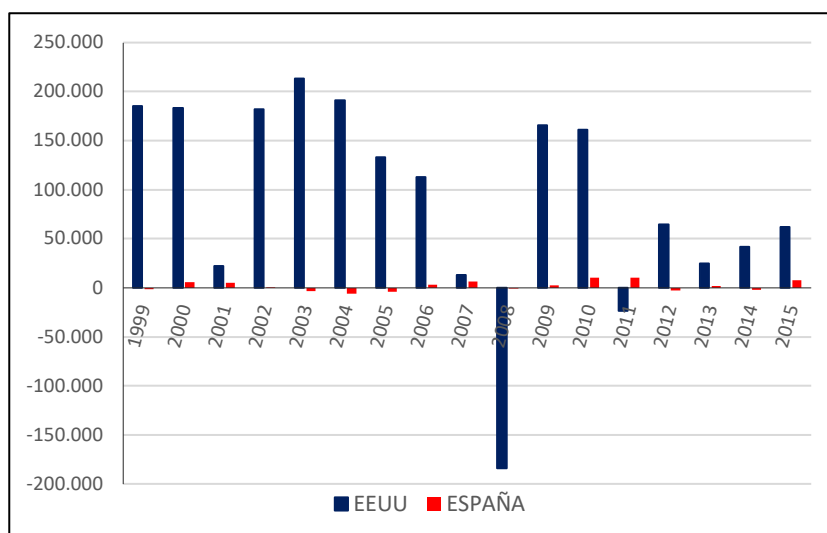
## 6. DIGITALIZACIÓN EN ESPAÑA FRENTE A EEUU Y EN EL CONTEXTO EUROPEO

Con el objetivo de situar en perspectiva las estimaciones del impacto de la digitalización de la economía Española, se estiman los efectos de la digitalización en el crecimiento del valor añadido de dos economías de referencia, a saber: EEUU y la UE-12. Se justifica la comparación de los efectos de la digitalización en España con los producidos en la economía americana, puesto que EEUU se erige como economía líder en términos de innovación y digitalización. Por otro lado, la elección de la otra área geográfica, la UE-12 se justifica por su proximidad geográfica e integración con España.

### 6.1 Valor del impacto de la digitalización comparado: España versus EEUU

Para situar en perspectiva los efectos macroeconómicos de la digitalización sobre el valor del añadido de la economía española, se calcula el valor del efecto de la digitalización en el crecimiento de a partir de las estimaciones de la contabilidad del crecimiento de la base de datos World-KLEMS. Los resultados obtenidos se representan junto con las estimaciones para el caso español en el gráfico 27. La primera conclusión que se despeja es que el orden de magnitud del valor de los efectos totales de la digitalización para los años en los que se dispone de datos americanos no es comparable al valor de los efectos de la digitalización en España. Los resultados apuntan a un valor total de los efectos de la digitalización en EEUU para el conjunto de los años (1999-2015) de algo mas 1500.000 millones de euros frente a tan solo 32.600 millones de euros para la economía española y el mismo periodo. En euros per cápita, el efecto de la digitalización acumulado tiene un valor de 4836,2 (302 euros de media al año y por habitante) frente a 703 euros per cápita en España (o tan solo 43,9 euros de media al año y habitante), para el mismo periodo, lo que significa que la que la digitalización en EEUU ha contribuido a mejorar el valor añadido americano casi siete veces mas que lo que ha contribuido en España

**Gráfico 27. Valor total de la digitalización (millones de euros)**

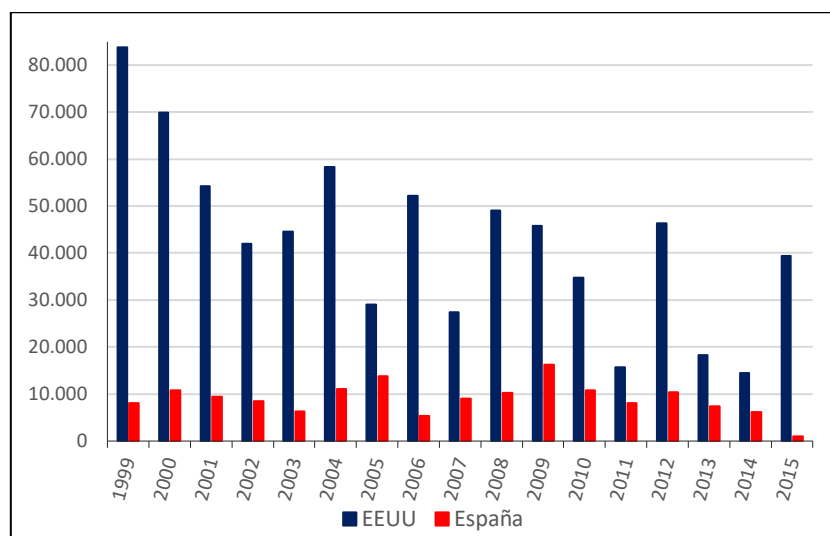


Fuente: World Klems, elaboración propia

Para el periodo 1996-2015, cuando se excluye el progreso tecnológico del valor de los efectos de la digitalización (gráfico 28) dicha medida en EEUU disminuye hasta algo menos de 725.000 millones de euros (2264,4 euros per cápita) mientras que en España, su valor aumenta ligeramente, por encima de los 152.000 millones de euros (o 3275,3 euros per cápita) por la, ya comentada, contribución (positiva en EEUU y negativa para el caso español) de la PTF. ES interesante mencionar, que cuando se expresan estas magnitudes en relación a la población, el

impacto de los inputs de digitalización es España es igual a 3275,3 euros per cápita frente a 2264,4 euros per cápita en EEUU. No obstante, en valores absolutos y aún eliminando el impacto del progreso tecnológico, a pesar de que los valores del efecto de los inputs vinculados a la digitalización en EEUU y en España se acerquen, distan mucho de converger tal como se observa en el gráfico 28. Del mismo, también destaca la mayor variabilidad del impacto de los inputs de digitalización en EEUU (cuyo valor en 2014 se divide casi por seis con respecto al valor de 1999) que en España, lo que sugiere una mayor flexibilidad y dinamismo (incluso en términos de entradas y salidas) de las empresas que invierten o usan elementos de digitalización.

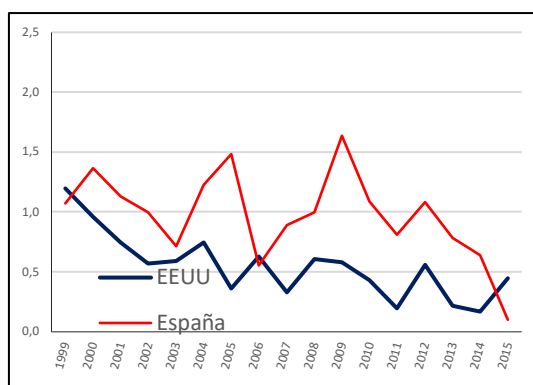
**Gráfico 28- Valor del efecto de los inputs de la digitalización (M. de euros)**



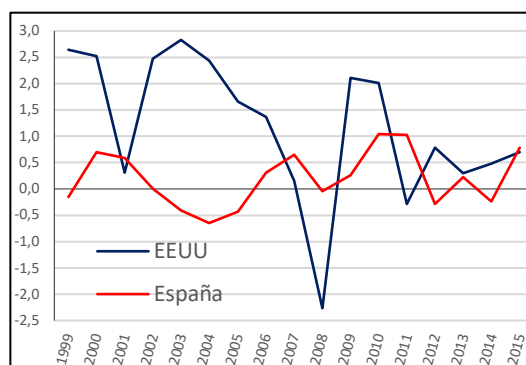
*Fuente: World Klems 2017 release, elaboración propia*

Para poder comparar estos valores entre sí, se expresan con respecto al valor añadido en términos contantes (euros de 2010) de cada país. Los resultados se muestran en los gráficos 29 y 30.

**Gráfico 29. Valor del efecto de los inputs de digitalización con respecto al valor añadido**



**Gráfico 30. Valor del efecto total de la digitalización con respecto al valor añadido**



Cuando se normaliza el valor de los efectos de los inputs por el valor añadido en el periodo 1999-2015, la medida de los efectos resultan mayores en la economía española, llegando a ser en términos medios para el conjunto del periodo cerca del doble en España que en EEUU. Sin



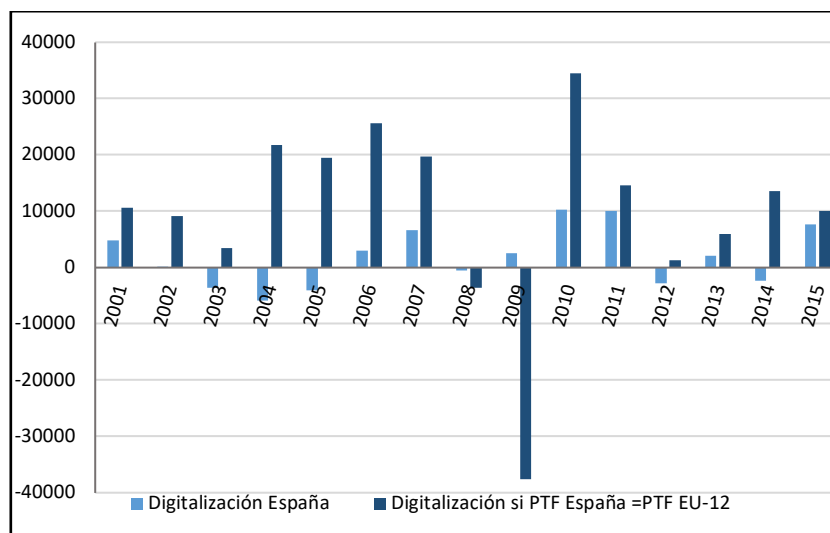
embargo, cuando se incluye el valor del efecto del progreso tecnológico (PTF), el valor del efecto total de la digitalización relativo al valor añadido es en EEUU muy superior al observado en España, (algo mas de cinco veces que en España de media para el conjunto del periodo)

## 6.2 Ejercicio comparativo de los efectos de la digitalización entre España y la UE-15

Con ánimo de conocer la posición relativa de la economía española dentro del contexto europeo con respecto a la parte del crecimiento que tiene su origen en la digitalización, se plantea y resuelve la siguiente pregunta: si España hubiese disfrutado de una tasa de crecimiento de la PTF igual a la tasa de crecimiento de la PTF media de la UE-12 desde el año 2001 hasta el 2015 ¿cuál hubiese sido el valor de los efectos de la digitalización en España? Este ejercicio de simulación permite conocer el orden de magnitud de los costes que se derivan de la debilidad de la PTF española en términos de crecimiento económico. Los datos de la variación de la PTF para UE-12 para los años 2001-2015 provienen de la base de datos de EU-Klems, última actualización de julio 2018.

Se representa en el gráfico 31, el valor del efecto de la digitalización observado en España para el periodo (2001-2015) junto con el que se hubiese obtenido si España hubiese sido capaz de generar un crecimiento de la PTF igual que el de sus socios europeos y manteniendo la contribución del resto de sus inputs a los niveles realmente generados.

**Gráfico 31. Valor del efecto de la digitalización en España observado e hipotético (Millones de euros)**



Fuente: World Klems 2018 release, elaboración propia

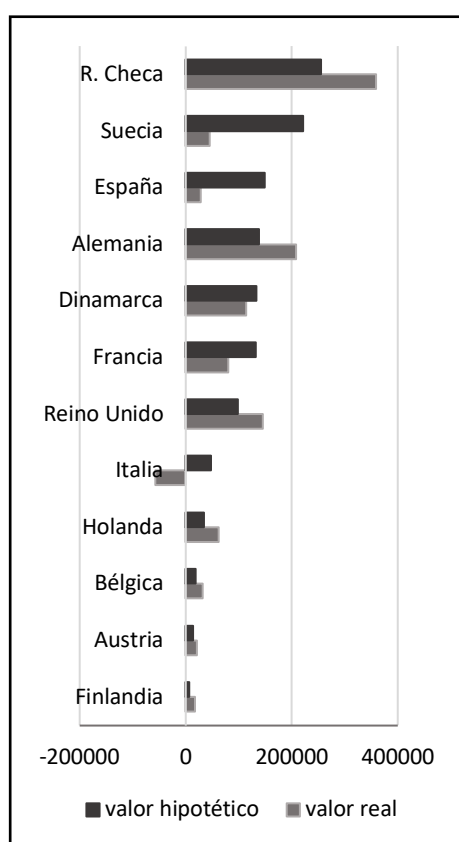
Si España hubiese generado una contribución de la PTF anual (en puntos de crecimiento del valor añadido) igual a la contribución media de la UE-12 y manteniendo el valor de la contribución de sus inputs tal cual se deriva del modelo de la contabilidad aplicada a los datos reales de la economía española, el valor acumulado los efectos de la digitalización en España entre 2001 y 2015 al crecimiento de su valor añadido pasaría a ser 148.610 millones de euros (14,7% del PIB) frente a los 28.285.millones o 2,8% realmente alcanzados. El valor hipotético del efecto de la PTF hubiese contribuido a aumentar el valor añadido en 15.459 millones de euros equivalente a 1,5%

del PIB frente a la reducción del valor añadido en euros constantes de -104.865 millones de euros o -10,4% del PIB.

Se realiza este ejercicio de simulación para cada uno de los países de la UE-12, con el objetivo de conocer cuál es el coste en términos de menor crecimiento del valor añadido para aquellos países con menor eficiencia productiva. Los datos relativos a los países de la UE-12 se toman de la base de datos EU-Klems (revisión de julio 2018).

Se recoge en el gráfico 32 para cada uno de los países de la UE-12, junto con el valor realmente alcanzado, el valor hipotético del efecto de la digitalización que se obtiene al sustituir la tasa de crecimiento de la PTF de cada país por la PTF media de la U-12 para los años 2001-2015. En el gráfico 33 se representa la diferencia entre el efecto de la digitalización de cada país real y el resultante del ejercicio de simulación.

**Gráfico 32. Valor del efecto de la digitalización: real e hipotético (millones de euros)**



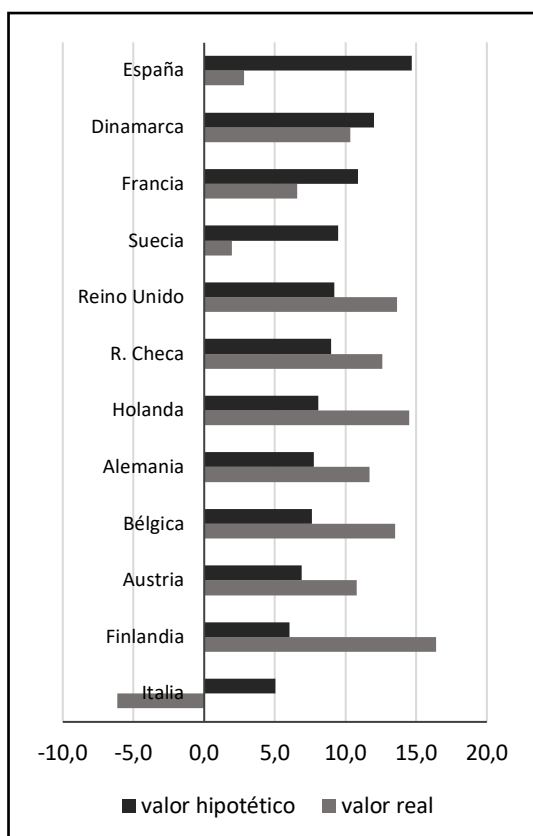
**Gráfico 33. Diferencia en millones de euros**



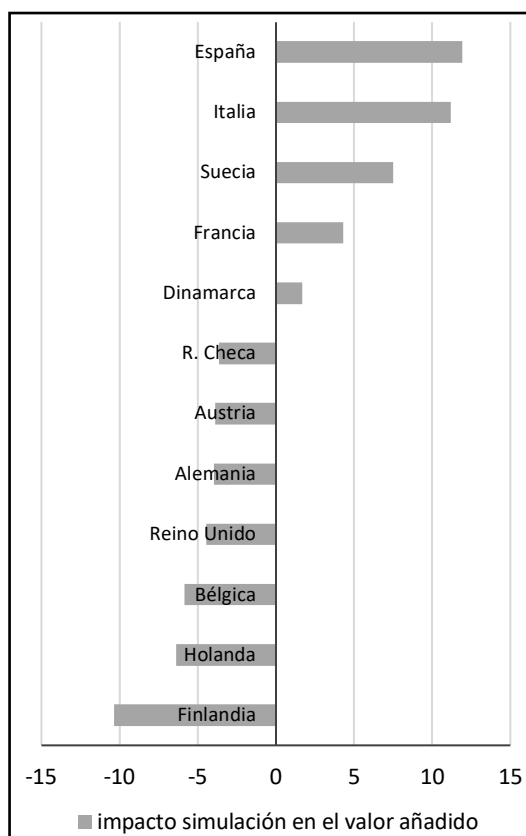
Los resultados obtenidos muestran que Suecia, España e Italia son los países en los que la diferencia entre el incremento del valor añadido que se generaría si estos países tuvieran un crecimiento de su PTF igual la media de los 12 países de la UE y el realmente obtenido, sería mayor. Para estas tres economías el incremento acumulado del valor añadido en términos reales hubiera sido entre 100.000 y 175.000 millones de euros mayor que el realmente obtenido. En Francia el efecto hubiera sido algo menor en torno a los 50.000 millones de euros y en Dinamarca algo menos de 20.000 millones de euros. Por el contrario, la R. Checa y Alemania verían reducidos su crecimiento del valor añadido entre 75.000 y 100.000 millones de euros en el conjunto del periodo. En estas dos economías los efectos de la digitalización en el incremento de su valor añadido son muy elevados llegando a alcanzar hasta los 350.000 millones de euros en el caso de la R. Checa y algo mas de 200.000 millones de euros para la economía alemana.

Con ánimo de facilitar la comparación de los efectos de la digitalización en la UE-12, es interesante expresar las diferencias en el incremento del valor añadido de cada país que se derivan del ejercicio de simulación anterior, como porcentaje del valor añadido en euros contantes. Se reproducen en los gráficos 34 y 35, los mismos datos que aparecen en los gráficos 32 y 33 pero expresados, ahora, como porcentaje del valor añadido de 2016 de cada país en euros contantes.

**Gráfico 34. Valor del efecto de la digitalización: real e hipotético**



**Gráfico 35. Diferencia como %de VA**



Cuando se reproducen los valores obtenidos por países y normalizados con respecto al valor añadido del 2016, se constata que en siete de los doce países (Finlandia, Reino Unido, R. Checa, Holanda, Alemania, Bélgica y Austria), los efectos acumulados entre 2001 y 2015 del incremento del valor añadido derivado del aumento de los inputs vinculados a la digitalización junto con la contribución de la PTF suponen entre un 10% y un 17% por ciento del valor añadido de cada país frente a algo menos de 3% para el caso español. Si los países rezagados en términos de PTF (España e Italia) y de uso de inputs tecnológicos (Italia), hubieran logrado mejorar el avance de su PTF al ritmo de los países líderes, los efectos acumulados tanto en España como en Italia hubieran supuesto mas del 10% de su valor añadido 2016.

## 7. NIVEL DE PTF Y SU RELACIÓN CON EL VALOR AÑADIDO

Con ánimo de evaluar la relación de la digitalización con el valor del PIB en unidades monetarias (o valor añadido) se sigue una metodología que permite estimar el nivel del índice de PTF cuya diferencias en logaritmos sean consistentes con la tasas de crecimiento que se derivan de la

aplicación del modelo de la ecuación de la contabilidad desarrollado en la primera parte del documento.

Se asume que existe una tecnología de producción que puede representarse como una función de producción en la que el output bruto (Y) se obtiene a partir de inputs primarios, es decir trabajo (L) y servicios de capital (K). Además los cambios de productividad son neutros en sentido de Hicks, es decir, se corresponden con un desplazamiento hacia afuera de la frontera de producción, que se mide por el parámetro A, por lo que la relación funcional se puede expresar como, :

$$Y_{jt} = A \cdot f(L_1, L_2, \dots, L_N, K_1, K_2, \dots, K_R, ) \quad (1)$$

Se asume que dicha relación funcional puede representarse a través de una función de producción Cobb-Douglas, con rendimiento constantes en la que  $\alpha^K$  y  $\alpha^L$  son las elasticidades del capital y del trabajo respectivamente, por lo que :

$$Y_{jt} = A_t L_t^{\alpha^L} K_t^{\alpha^K}$$

$$\alpha^K + \alpha^L = 1$$

por lo tanto,

$$\frac{Y_t}{L_t^{\alpha^L} K_t^{\alpha^K}} = A_t$$

Utilizando la misma notación que en el modelo de la contabilidad de crecimiento

$$\frac{VA_t}{ISL_t^{\alpha^L} ISK_t^{\alpha^K}} = A_t$$

En donde se tiene que cumplir que

$$\Delta \ln A_t = \Delta \ln VA_t - \bar{v}_t^L \Delta \ln ISL_t - \bar{v}_t^K \Delta \ln ISK_t = \Delta \ln PTF_t$$

Para calcular el nivel de PTF o progreso tecnológico A anual es necesario generar los índices que intervienen en su cálculo en niveles en t y t-1 para cada año pues las ponderaciones o coeficientes ( $\bar{v}_t^L \bar{v}_t^K$ ) que se utilizan varían año a año de la siguiente manera,

$$ISK_t = \prod_i^r K P_{it}^{\bar{v}_{ijt}} \text{ y } ISK_{t-1} = \prod_i^r K P_{it-1}^{\bar{v}_{ijt}}$$

$$ISL_t = \prod_i^7 H_{it}^{\bar{S}_{ijt}^L} \text{ y } ISL_{t-1} = \prod_i^7 H_{it-1}^{\bar{S}_{ijt}^L}$$

El valor en euros del año de referencia 2010, se calcula a partir de la serie en volúmenes y el índice de variación de precios del valor añadido de la CNE-2010 y partiendo del valor en euros nominales de 2010.

Se puede demostrar que cuando el progreso tecnológico es neutro en sentido de Hicks,

$$TFP_t = \frac{A_t F(ISK_t ISL_t)}{A_0 F(ISK_t ISL_t)}$$

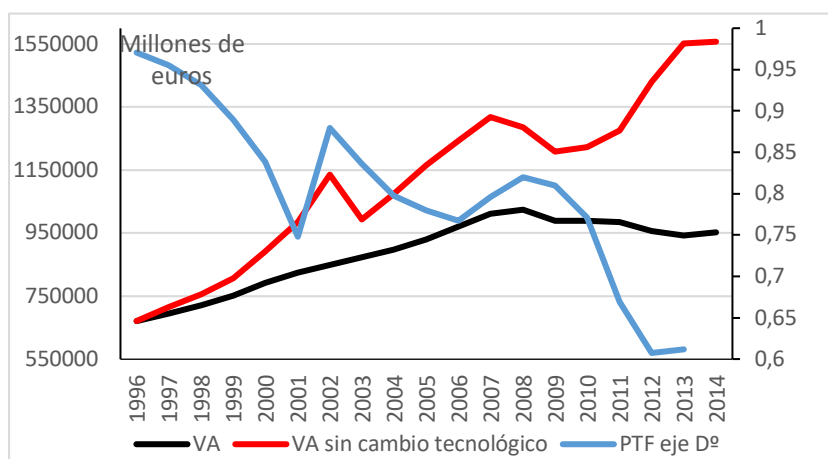
Normalizando de tal manera que  $A_0=1=PTF_{1996}$  para el año 1996, se puede generar la serie TFP para el conjunto del periodo.

Mas allá de la formulación matemática, lo que interesa aquí es la interpretación de esta medida de PTF. Así planteado, el índice de PTF en t se mide como el ratio entre el valor en euros constantes del valor añadido en t y el hipotético que hubiera resultado de producir con el mismo nivel de inputs que en t pero con el progreso tecnológico alcanzado en el año 1996. Dicho de otra

manera, el índice así generado mide la relación entre el volumen observado anual (euros constantes) y el que hubiera resultado si no hubiese habido progreso tecnológico desde primer periodo, que en este caso concreto es 1996.

Se representan en el gráfico 32, los resultados obtenidos. La línea en negra representa el nivel observado en euros constantes del valor añadido. La línea roja el nivel de valor añadido que se hubiese obtenido si el progreso tecnológico se hubiese estancado en el nivel alcanzado en 1996. En azul se representa el índice de PTF anual.

**Gráfico 32: índice de PTF y relación con el VA (millones de euros,  $PTF_{1996}=100$ )**

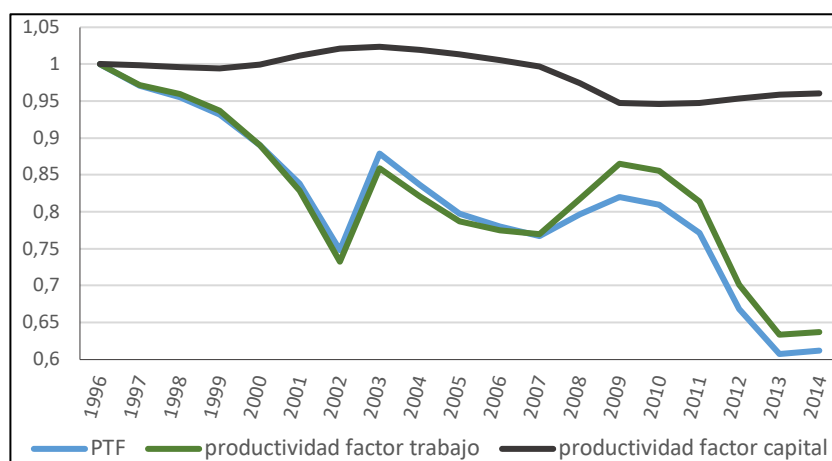


Los resultados hablan por sí solos. El deterioro del índice de productividad, salvo en los años 2001-2002 y 2006-2009, redunda en un nivel de valor añadido observado muy inferior al que se hubiera obtenido sin el descenso continuado de la eficiencia con la que se combina los inputs en España desde 1996. La diferencia entre el valor añadido observado y el hipotético si no se hubiera dado esa pérdida de eficiencia es del 63%. Dicho de otra manera el valor añadido generado por el nivel de inputs de 2014, si no se hubiera producido el deterioro del progreso tecnológico, hubiese sido un 63% mayor que el valor añadido realmente alcanzado en 2014.

Alternativamente, el índice de productividad se puede expresar como el producto de la productividad del capital y del trabajo. En ambas medidas los factores se expresan como índices del valor de los servicios del capital productivo y como de los servicios laborales. Se representan estos tres índices en el gráfico 33. Del mismo, se observa que hasta el año 2002 la productividad del factor capital se mantiene prácticamente estable, por lo que el valor de la PTF, y por lo tanto, su descenso vienen determinados fundamentalmente por la evolución de la productividad del factor de trabajo. A partir de 2002 y de manera progresiva hasta 2009, la productividad del capital se deteriora considerablemente lo que contribuye a ampliar el deterioro de la PTF. A partir de 2010, el descenso de la productividad del capital se detiene, lo que podría explicarse por la salida de empresas con capital menos productivo durante los años de la crisis.

A modo de conclusión, una parte de la debilidad de la PTF española, se puede explicar no solo por el descenso de la productividad del factor trabajo, de sobra señalada por la evidencia empírica, si no por una productividad del capital debilitada, algo que entronca con la hipótesis de que en España existe un exceso de capital tradicional frente al tecnológico, o lo que es lo mismo una renovación del capital tradicional por el tecnológico rezagada.

**Gráfico 33. Índice de productividad del capital, del trabajo y de la PTF**

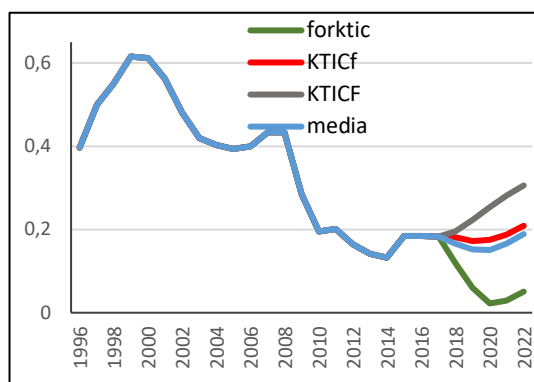
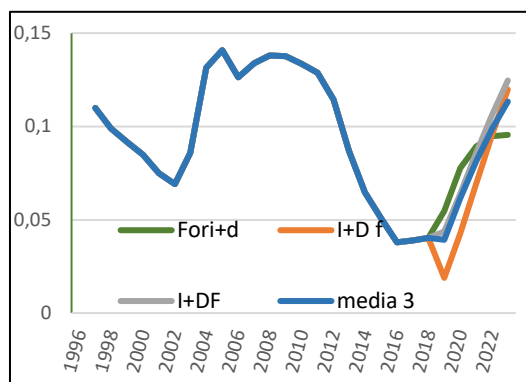
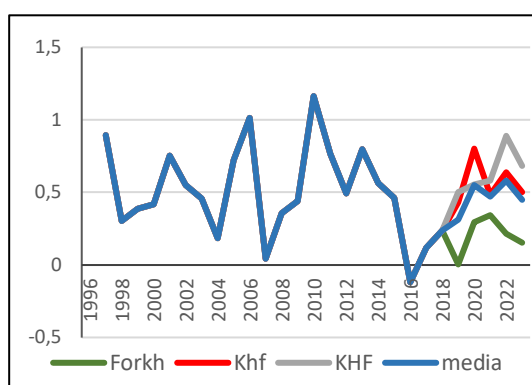
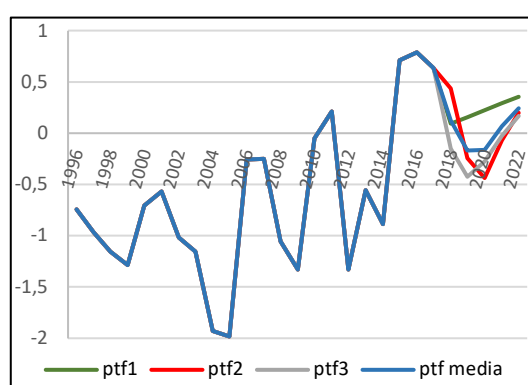


Las conclusiones que se presentan aquí están en línea con las estimaciones y conclusiones publicadas por Perez y Benages (2017) sobre el papel de la acumulación del capital en la PTF en España. Estos autores concluyen que a partir del principio del siglo XXI, el nivel de PTF viene determinado no ya como tradicionalmente sucedía, por la baja productividad del factor trabajo, sino además el descenso de la productividad del capital es fuente de generación del bajo nivel de la PTF.

## 8. SIMULACIONES 2018-2022

### 8.1 Predicciones de 2018-2022

Se realizan predicciones de las diferencias logarítmicas de las cuatro variables vinculadas a la digitalización (capital TIC, I+D, capital humano y PTF) así como del valor añadido, a partir de los modelos de *predicción univariante y multivariante* para los años 2018-2022. En el anexo III se explican los modelos utilizados. Se toma la media de las distintas predicciones para cada una de las variables y se introducen en el modelo de la contabilidad del crecimiento. Se representan las contribuciones de cada input y de los distintos métodos de predicción en los gráficos 34 a 37.

**Gr34 Previsiones contribución capital TIC****Gr35 Previsión contribución I+D****Gr36 Previsión de la contribución capital humano****Gr37 Previsión contribución PTF**

Las previsiones apuntan a una moderación de la contribución del capital humano y, en mayor medida, del capital TIC pero a una mejoría notable de la contribución de la I+D. Con respecto a la PTF, su contribución se debilitaría hasta valores negativos para después recuperar valores positivos, aunque débiles. En cualquier caso, a excepción de la contribución de la I+D, las contribuciones del resto de los factores quedarían muy por debajo de los máximos del periodo 1996-2017.

Se presentan en la tabla 4, los valores medios anuales de las contribuciones que se derivan de la previsión media, así como el valor en millones de euros del impacto de la digitalización.

De acuerdo a la previsión media, la digitalización contribuiría en torno a 0,7p.p. de media cada año al crecimiento de valor añadido, apoyada por el valor positivo de la PTF.

En términos acumulados y en euros constantes, el impacto de la digitalización sumaría 40.076 millones de euros, lo que equivale a cerca del 4% del PIB. La previsión prevé que en los años 2018-2022, el impacto de los inputs de digitalización sea inferior al impacto total de la digitalización por el efecto positivo de la PTF, alcanzando un valor de 38.909 millones de euros.



**Tabla 4. Previsión media de las contribuciones de la digitalización en p.p. y el valor de su efecto  
(Millones de euros y % PIB)**

	1996-2017	2018-2022
<b>Contribución media anual ( p.p)</b>		MEDIA simulación
capital TIC	0,36	0,164
i+d	0,10	0,079
capital humano	0,50	0,472
PTF	-0,68	0,020
<b>DIGITALIZACIÓN</b>	<b>0,28</b>	<b>0,73</b>
Valor añadido	2,17	2,09
PTF	-124.593	
Digitalización	57.814	40.076
Inputs digitalización	182.407	38.909
PTF (%PIB)	-12,3	0,11
Digitalización (%PIB)	5,7	3,96
Inputs digitalización (%PIB)	18,03	3,85

## 8.2 Escenarios alternativos

Se elaboran dos escenarios alternativos, designados por *escenario optimista* y *escenario pesimista*, que se distinguen por el supuesto que se adopta en relación al peso que pueda tener la contribución de los input de digitalización y de la PTF en términos porcentuales en el crecimiento del valor añadido en los años 2018-2022. Los pesos asignados para cada escenario y componente se recogen en la tabla. 5.

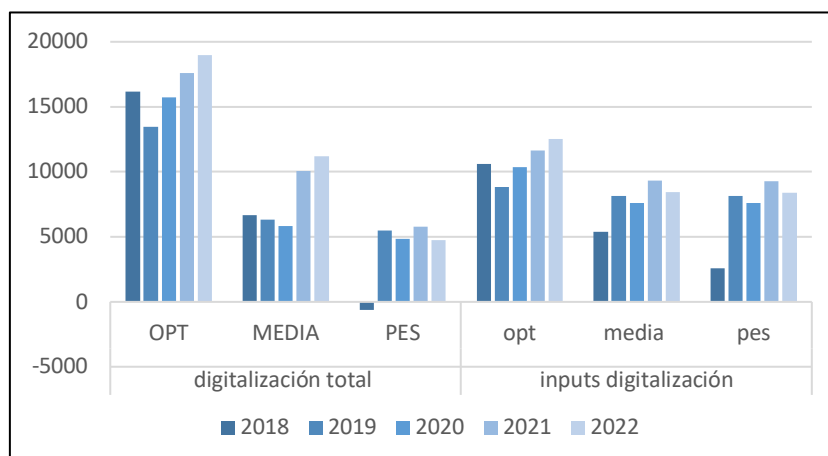
**Tabla 5. Contribución porcentual al crecimiento del valor añadido**

	optimista	pesimista
<b>Capital TIC</b>	15	5
<b>I+D</b>	4	2
<b>Capital humano</b>	20	5
<b>PTF</b>	20	-15
<b>TOTAL digitalización</b>	59	-3

Como se desprende de la misma, en el escenario optimista, a los efectos positivos de los inputs de digitalización se le añadiría una contribución positiva de la PTF de hasta un 20% lo que implicaría que el crecimiento del valor añadido explicado por la digitalización fuese de hasta un 59%. Esta proporción se sitúa en línea con los porcentajes observados en EEUU durante los años de mayor crecimiento de la PTF americana (1996-2000). Por el contrario, en el escenario pesimista, la contribución de la PTF volvería a un senda negativa y abultada (-15%). En este escenario, a pesar de que los inputs expliquen un 12% del incremento del valor añadido, la contribución de la digitalización total pesaría negativamente en el incremento del valor añadido y sería responsable de una contracción del mismo de hasta el 3%.

Se introducen estos pesos en el modelo de la contabilidad de crecimiento y se calcula el impacto de la digitalización en euros para cada uno de los años. Se representan en el gráfico 38 los resultados que se obtienen de la aplicación de los dos escenarios y los valores medios.

### 38. Contribución de los efectos de la digitalización al crecimiento del valor añadido.



El impacto de la digitalización es máximo en el año 2022 del escenario optimista y próximo a los 18.000 millones, y mínimo y negativo en el año 2018 del escenario pesimista. La previsión basada en el pasado, arroja un impacto de la digitalización máximo en 2022 y de cerca de 11.000 millones de euros. Las diferencias entre las tres previsiones son mayores, cuando se mide el impacto total de la digitalización que cuando se omite el impacto de la PTF. De hecho, el impacto de los inputs de la digitalización se sitúa en un horquilla media de 5.000-10.000 millones de euros independientemente del escenario.

Por último, se calcula para el conjunto del periodo estimado el valor del impacto de la digitalización en millones de euros y en relación al PIB. Los resultados se presentan en la tabla 6.

**Tabla 6. Contribuciones y valor de la digitalización en los distintos escenarios**

Contribución anual ( p.p)	media	1996-2017	2018-2022		
			MEDIA simulación	Escenario OPTIMISTA	Escenario PESIMISTA
capital TIC		0,36	0,164	0,38	0,10
i+d		0,10	0,079	0,09	0,04
capital humano		0,50	0,472	0,51	0,10
PTF		-0,68	0,020	0,51	-0,29
<b>DIGITALIZACIÓN</b>		<b>0,96</b>	<b>0,73</b>	<b>1,49</b>	<b>-0,06</b>
Valor añadido		2,17	2,09	2,55	1,93
Valor acumulado (M. euros)					
Digitalización		57.814	40.076	81888	-3146
Inputs digitalización		182.407	38.909	53956	12584
Valor acumulado relativo al PIB					
Digitalización		5,7	3,96	8,1	-0,31
Inputs digitalización		18,03	3,85	5,3	1,24

Cuando se adoptan criterios optimistas, el impacto macroeconómico de la digitalización podría suponer en términos acumulados entre los años 2018 y 2022 un 8,1% del PIB, lo que equivale a 81.888 millones de euros, de los cuales 53.956 serían fruto del efecto de los inputs de

digitalización. En este escenario la digitalización explicaría 1,5 p.p del crecimiento anual del valor añadido, frente a 0,96 del periodo 1996-2017.

Cuando se adopta la hipótesis de que la economía española no es capaz de superar su ineficiencia en el uso y combinación de los recursos productivos, entonces el impacto de la digitalización reduciría el valor añadido en 3.146 millones de euros o 0,31% del PIB, a pesar de que los inputs mantuviesen una contribución positiva de 12.584 millones de euros (1,2% PIB).

## 9. Conclusiones

Los efectos de la digitalización en términos de contribución al crecimiento muestran que mientras la contribución de todos los inputs relacionados con la digitalización se sitúa entre 0,5 y 1,5 p.p. del crecimiento del valor añadido entre 1996 y 2014, la contribución de la PTF pesa negativamente reduciendo significativamente e incluso anulando el efecto positivo de la inversión en digitalización. Sin embargo y tal y como sucede a partir de 2015, cuando la contribución de la PTF es positiva, la digitalización, tal y como se ha medio en el estudio, es responsable de hasta un 30% del crecimiento del valor añadido.

El valor acumulado entre 1996 y 2017 de los efectos agregados de la digitalización supone un 5,7% del PIB de 2016 pero, cuando se omite el valor del progreso tecnológico, se dispara hasta un 18% del PIB.

El análisis del nivel de la productividad pone de manifiesto que el deterioro de la productividad del factor trabajo junto con un declive de la del capital entre 1996 y 2009, explican el bajo nivel de la PTF española. Sin duda y a pesar de la mejora del capital humano y de la inversión TIC durante el periodo observado, los niveles alcanzados no son suficientes para invertir la tendencia decreciente de la productividad del trabajo y mejorar significativamente la del capital.

Sin embargo, cuando se amplía la lente del observado y se realiza el análisis desagregando por ramas de actividad, los resultados ponen de manifiesto que junto a ramas con deterioros profundos de productividad conviven ramas con tasas de crecimiento de la PTF de dos dígitos, entre las que sobresale la rama de la información y comunicación.

A la luz de estos resultados, se impone un análisis en profundidad de la ineficiencia en la asignación de los recursos productivos de la economía española. Conocer las causas de la debilidad de la PTF, es condición necesaria para que la sociedad de la digitalización despliegue todos sus efectos en términos de crecimiento y mayores niveles de renta per cápita.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aza, C. (2017): Análisis de productividad y medición de la PTF por rama de actividad de la economía española (1995-2007): relación con las TIC y otros determinantes. Tesis Doctoral UAM.

Baldassarini, A. y Di Veroli, N (2005): "Measuring factor input: measuring labor Input Growth and Productivity: a Method Differentiated per Type of Employment and Labour Compensation". Workshop on Productivity Measurement.

Baptist, S. y C. Hepburn (Oct.2012): "Intermediate Inputs and Economic Productivity", Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper nº112.

*Colecchia, A. y Schreyer, P. (2002): "The Contribution of Information and Communication Technologies to Economic Growth in nine OECD Countries". OECD, Economic Studies N°34.*

EU KLEMS (2017) EU KLEMS Growth and Productivity Accounts: Database available online: [http:// www.euklems.net](http://www.euklems.net)

EU KLEMS (2018) World KLEMS Growth and Productivity Accounts: Database available online: [http:// www.euklems.net](http://www.euklems.net)

Jorgenson, D.W., M.S. Ho, y K.J. Stiroh (2005): "Growth of U.S. Industries and Investments in Information Technology and Higher Education" NBER book Measuring Capital New Economy (2005) C. Corrado, J. Haltiwanger y D. Sichel (pp403-478).

Jorgenson, D. W. Ho, M. y J. Samuels (2010): "Information Technology and U.S. Productivity Growth: Evidence from a Prototype Industry Production Account". Prepared for Industrial Productivity in Europe: Growth and Crisis. Matilde mas and Robert Stehrer (eds).

Mas, M. y Quesada, J. (2005): "Las nuevas tecnologías y el crecimiento económico en España". Fundación BBVA.

Mas, M. y Robledo, J.C. (2010): "Productividad: una perspectiva internacional y sectorial". Fundación BBVA.

Mas, M., Pérez García. F. Uriel, E. Benages, E. Cucarella, V. Robledo, JC. y Serrano, L. (2011): "El *stock* y los servicios del capital en España y su distribución territorial y sectorial (1964-2010)". Documentos de trabajo 4 Fundación BBVA.

OECD, (2001) OECD Manual: "Measuring Productivity, Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth". OECD, Paris

OECD (2002): "Measuring the Information Economy". OCDE, Paris.

OECD (2009). Information Economy on Indicators for the Information Society" DSTI/ICCP/IIS(2008)1/FINAL

O'Mahony, M. y Vecchi, M. (2003): "Is there an ICT Impact on TFP? A heterogeneous Dynamic Panel Approach". [www.researchgate.net/publication/5200559](http://www.researchgate.net/publication/5200559)

O'Mahony, M. y Timmer, M. (2009): "Output, Input and Productivity Measures at the Industry Level Growth; the EU KLEMS Data Base". The Economic Journal, 119 (June). Royal Economic Society.

Pérez, F y Benages, E 2017. "The Role of Capital Accumulation in the Evolution of Total Factor Productivity in Spain," International Productivity Monitor, Centre for the Study of Living Standards, vol. 33, pages 24-50, Fall.

Timmer, M. O'Mahony, M. y Van Ark, B. (2007): "EU KLEMS Growth and Productivity Accounts Overview November 2007 Release" Retrieved from EU KLEMS website (<http://www.euklems.net>).

Timmer, M. Inklaar, R. O'Mahony, M. y Van Ark, B. (2011): "Economic Growth in Europe: A Comparative Industry perspective", Journal of Regional Science, Vol 51, issue 5, pp1020-1030.

Van Ark, B. y Jäger, K. (2017): "Recent Trends in Europe's Output and Productivity Growth Performance at the Sector Level, 2002-2015", International Productivity Monitor, Number 33, Fall 2017.

Van Ark, B. (2014): "Total Factor Productivity Lessons from Past and Directions for the Future", NBB Working Paper-October.

Van Ark, B. (2005): "Does the European Union Need to Revive Productivity Growth?" Research Memorandum GD-75.

Van Ark, B. y Woltjer, P. (2008): "The EU KLEMS Productivity Report" Issue n° 2. EU KLEMS.

Van Ark, B. O'Mahony, M. y Timer, M. (2008): "The Productivity Gap between Europe and the United States: Trends and Causes". Journal of Economic Perspective, Volume 22, Number 1-winter 2008-pp.25-44.

## ANEXOS

### ANEXO I.1. MODELO DE LA CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO

El modelo utilizado para el cálculo de la PTF se enmarca dentro de lo que se conoce la teoría moderna del modelo de la contabilidad del crecimiento enraizado en la teoría económica de la producción. Este enfoque integra la teoría de los números índices, la economía de la empresa y las cuentas nacionales. Presenta la ventaja de que parte de varios supuestos necesarios a su vez para el cálculo de la PTF y de que se puede aplicar con un nivel de agregación flexible. Este modelo proporciona indicaciones precisas para medir el valor del input de capital y su contribución al crecimiento. Instituciones como la OCDE, el US-BLS recomiendan el uso de esta metodología para el desarrollo de series históricas de PTF, algo llevado a cabo para los principales países de la OCDE bajo el proyecto EU KLEMS.

El modelo parte de las aportaciones de Solow (1967), Griliches y Jorgenson (1967) y de nuevo de en 1987 de Jorgenson y Fraumeni al residuo de Solow, dentro del marco más general de las tablas *Input Output*. La metodología que se utiliza para la elaboración de la base de datos de esta investigación sigue de cerca la que recoge la OCDE en *Measuring Productivity* (2001). Se detalla a continuación dicha metodología aplicada a la economía desagregada en  $j$  ramas de actividad, dejándose para el final de la misma, su aplicación a la economía agregada. El modelo que se aplica está basado en la teoría microeconómica de la producción y descansa en varios supuestos restrictivos que se enumeran a continuación

- i. Existe una tecnología de producción que puede representarse como una función de producción en la que el output bruto ( $Y_j$ ) de cada rama  $j$  se obtiene a partir de inputs primarios utilizados para cada rama, es decir trabajo ( $L_j$ ) y servicios de capital ( $K_j$ ), así como, de inputs intermedios ( $X_j$ ). La función de producción presenta rendimientos constantes a escala.
- ii. Los factores primarios no son en general homogéneos. Existen  $N$  tipos de trabajadores (dependiendo del sexo, de la educación alcanzada, etc),  $R$  tipos de bienes de capital y  $M$  tipos de bienes intermedios utilizados en la producción de la rama  $j$ , para cada año  $t$ . Así,

$$Y_{jt} = f(L_{j1t}, L_{j2t}, \dots, L_{jNt}, K_{j1t}, K_{j2t}, \dots, K_{jRt}, X_{j1t}, X_{j2t}, \dots, X_{jMt}, A_{jt}). \quad (1.1)$$

Si los cambios de productividad son neutros en sentido de Hicks, es decir se corresponden con un desplazamiento hacia afuera de la frontera de producción, que se mide por el parámetro  $A_{jt}$ , denominado productividad total de los factores (PTF), la ecuación (1.1) se puede escribir como,

$$Y_{jt} = A_{jt} \cdot f(L_{j1t}, L_{j2t}, \dots, L_{jNt}, K_{j1t}, K_{j2t}, \dots, K_{jRt}, X_{j1t}, X_{j2t}, \dots, X_{jMt}). \quad (1.2)$$

Para cualquier año  $t$  y nivel de output  $j$ , las empresas minimizan el coste de los inputs sujeto a la tecnología disponible. Si el mercado de inputs es de competencia perfecta, las empresas toman los precios de factores de los recursos productivos como dados y ajustan las cantidades demandadas de factores para minimizar sus costes de producción.

El factor trabajo y los inputs intermedios se pueden adquirir en cualquier momento a los precios de mercado:  $w_n$  ( $n = 1, 2, \dots, N$ ) para el factor trabajo y  $p_m$  ( $m = 1, 2, \dots, M$ ) para los inputs intermedios.

El uso de los servicios generados por los bienes de capital requiere inversiones en distintos tipos de bienes de capital o el alquiler de los mismo durante un periodo de tiempo. Cada activo de capital se suma al stock de capital productivo del que se derivan los servicios de capital en una proporción igual al coste de uso de capital ( $\mu_{jit}$ ), que se define como el precio de los servicios del activo de capital  $i$  utilizado en la rama  $j$ . El coste de uso de capital, tiene en cuenta la pérdida de eficiencia del activo del capital derivado del paso del tiempo, la pérdida o plusvalías generas por el cambio del precio de mercado así como la tasa de rendimiento exigida. Consideramos que no existen costes de ajustes asociados a la inversión o al empleo y por tanto se utilizan en su máxima capacidad productiva.

La ecuación de la contabilidad del crecimiento se obtiene a partir de un problema de optimización tradicional en el que las cantidades de los factores productivos, trabajo, servicios de capital e inputs intermedios utilizadas por cada rama productiva  $j$  minimizan los costes totales sujetos a la función de producción de cada rama, lo que se expresa como:

$$\text{Min } C_{jt} = \sum_{i=1}^N w_{jit} L_{jit} + \sum_{i=1}^R \mu_{jit} K_{jit} + \sum_{i=1}^M p_{xjit} X_{jit} \quad (1.3)$$

sujeto a

$$Y_j = A_{jt} \cdot F(L_{j1t}, L_{j2t}, \dots, L_{jNt}, K_{j1t}, K_{j2t}, \dots, K_{jRt}, X_{j1t}, X_{j2t}, \dots, X_{jMt}).$$

Si se designa por  $P_{jt}$  el precio de venta del producto de la rama  $j$  en el año  $t$ , las soluciones del problema de optimización se expresan como,

$$P_{jt} \cdot A_{jt} \frac{\partial F}{\partial L_{jit}} = w_{jit} \quad P_{jt} \cdot A_{jt} \frac{\partial F}{\partial K_{jit}} = \mu_{jit} \quad P_{jt} \cdot A_{jt} \frac{\partial F}{\partial X_{jit}} = p_{xjit}. \quad (1.4)$$

Lo que muestra que para cada año  $t$  y en cada rama  $j$ , cada factor productivo es contratado o adquirido hasta que el ingreso marginal que genera el output de  $j$  sea igual al precio del correspondiente factor; es decir,  $w_{ij}$  para el tipo  $i$  del factor trabajo,  $\mu_{ij}$  para los servicios del capital  $i$  y  $p_{xji}$  para el input intermedio  $i$ .

Diferenciando con respecto al tiempo, la función de producción conduce a la expresión siguiente,

$$\frac{d \ln Y_{jt}}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{F_{L_{jit}} L_{jit}}{F} \frac{d \ln L_{jit}}{dt} + \sum_{i=1}^R \frac{F_{K_{jit}} K_{jit}}{F} \frac{d \ln K_{jit}}{dt} + \sum_{i=1}^M \frac{F_{X_{jit}} X_{jit}}{F} \frac{d \ln X_{jit}}{dt} + \frac{d \ln A_{jt}}{dt}. \quad (1.5)$$

La ecuación (I.5) evidencia que la tasa de crecimiento de la producción de la rama  $j$  es una media ponderada de las tasas de crecimiento de los distintos inputs y de la tasa de crecimiento del término  $A_{jt}$ , o tasa de crecimiento de la productividad total de los factores (PTF<sub>jt</sub>) en la rama  $j$ , siendo las ponderaciones, las elasticidades del output con respecto a cada uno de los inputs. Estas elasticidades no son observables pero bajo el supuesto de equilibrio competitivo tal como se pone de manifiesto en I.4 estas se pueden sustituir por el coste de cada factor relativo al valor de la producción. Esto es,

$$\frac{d \ln Y_{jt}}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{w_{jit} L_{jit}}{P_{jt} Y_{jt}} \frac{d \ln L_{jit}}{dt} + \sum_{i=1}^R \frac{\mu_{jit} K_{jit}}{P_{jt} Y_{jt}} \frac{d \ln K_{jit}}{dt} + \sum_{i=1}^M \frac{p_{xjit} X_{jit}}{P_{jt} Y_{jt}} \frac{d \ln X_{jit}}{dt} + \frac{d \ln A_{jt}}{dt}. \quad (1.6)$$

Lo que permite calcular de forma residual, la tasa de variación de la PTF de la rama  $j$  como el residuo de Solow,



$$\Delta \ln PTF_{jt} = \frac{d \ln Y_{jt}}{dt} - \left[ \sum_{i=1}^N \frac{w_{jit} L_{jit}}{P_{jt} Y_{jt}} \frac{d \ln L_{jit}}{dt} + \sum_{i=1}^R \frac{\mu_{jit} K_{jit}}{P_{jt} Y_{jt}} \frac{d \ln K_{jit}}{dt} + \sum_{i=1}^M \frac{x_{jit} X_{jit}}{P_{jt} Y_{jt}} \frac{d \ln X_{jit}}{dt} \right] \quad (1.7)$$

Para la elaboración de cada uno de los índice de los factores productivos que integran la ecuación 1.7, se contempla la existencia de distintos tipos de trabajadores (por formación, edad), de activos de capital y de bienes y servicios intermedios. Bajo el supuesto de competencia perfecta en los mercados de factores productivos, la tasa de crecimiento del índice agregado de cada uno de los factores productivos (índice de servicios laborales, índice de servicios del capital e índice de consumos intermedios) de la rama j se puede calcular, como la variación de cada uno de los tipos de inputs ponderada por su correspondiente productividad marginal lo que en un contexto neoclásico, es igual al peso del coste de cada tipo de input en el coste total del input agregado en cada rama j.

$$\begin{aligned} \frac{d \ln L_j}{dt} &= \sum_{i=1}^N \frac{w_{ij} L_{ij}}{w_j L_j} \frac{d \ln L_{ij}}{dt} & w_j L_j &= \sum_{i=1}^N w_{ij} L_{ij} \\ \frac{d \ln K_j}{dt} &= \sum_{i=1}^R \frac{\mu_{ij} K_{ij}}{\mu_j K_j} \frac{d \ln K_{ij}}{dt} & \mu_j K_j &= \sum_{i=1}^R \mu_{ij} K_{ij} \\ \frac{d \ln X_j}{dt} &= \sum_{i=1}^M \frac{x_{ij} X_{ij}}{x_j X_j} \frac{d \ln X_{ij}}{dt} & p x_j X_j &= \sum_{i=1}^M p x_{ij} X_{ij} \end{aligned} \quad (1.8)$$

Finalmente y sustituyendo las expresiones anteriores (I.8) en I.7, la tasa de variación de la PTF de la rama j t se puede calcular,

$$\frac{d \ln A_{jt}}{dt} = \frac{d \ln Y_{jt}}{dt} - \left[ S_{jLt} \frac{d \ln L_{jt}}{dt} + S_{jKj} \frac{d \ln K_{jt}}{dt} + S_{jXt} \frac{d \ln X_{jt}}{dt} \right] \quad (1.9)$$

En donde  $S_{jLt} = \left( \frac{wL}{PY} \right)_j$ ,  $S_{jX} = \left( \frac{xK}{PY} \right)_j$  y  $S_{jK} = \left( \frac{\mu K}{PY} \right)_j$  son las participaciones de los factores productivos empleados por cada rama en el valor de la producción de esa rama a precios corrientes.

Hasta aquí, la ecuación 1.9 del modelo está definida para variables continuas en el tiempo. Para su aplicación a los datos de contabilidad reales de las unidades productivas expresados en términos discretos, se aplica a esta ecuación una aproximación discreta, siendo el índice de Törnqvist la opción más adecuada tal y como, se desprende de la teoría de los índices exactos y superlativos (Diewert, 1976). Cuando se sustituyen las derivadas de las variables continuas por las diferencias entre un periodo y otro del logaritmo de las variables discretas, y las participaciones continuas por la media de las participaciones en la renta, la ecuación (1.9) se aproxima por,

$$\Delta \ln PTF_{jt} = \Delta \ln Y_{jt} - \bar{v}_{jt}^L \Delta \ln ISL_{jt} - \bar{v}_{jt}^K \Delta \ln ISK_{jt} - \bar{v}_{jt}^X \Delta \ln X_{jt} \quad (1.10)$$

En donde, ISL e ISK designan el índice de los servicios laborales y el índice de los servicios del capital productivo respectivamente,  $\Delta$  indica la diferencia de las distintas variables entre t y t-1,  $\bar{v}_{jt}^L, \bar{v}_{jt}^K, \bar{v}_{jt}^X$  son valores medios de la participación del valor de los inputs trabajo, capital y consumos intermedios en el valor nominal del producto de la rama j que se calculan:

$$\begin{aligned} \bar{v}_{jt}^L &= \frac{1}{2} (v_{jt-1}^L + v_{jt}^L) & \bar{v}_{jt}^K &= \frac{1}{2} (v_{jt-1}^K + v_{jt}^K) & \bar{v}_{jt}^X &= \frac{1}{2} (v_{jt-1}^X + v_{jt}^X) \\ v_{jt}^L &= \frac{w_{jt} L_{jt}}{P_{jt} Y_{jt}} & v_{jt}^K &= \frac{R_{jt} K_{jt}}{P_{jt} Y_{jt}} & v_{jt}^X &= \frac{P_{jt}^X X_{jt}}{P_{jt} Y_{jt}}, \text{ siendo } \bar{v}_{jt}^L + v_{jt}^K + \bar{v}_{jt}^L = 1 \end{aligned}$$



La ecuación (I.10) permite medir la contribución de cada uno de los factores ( $conL_{jt}$ ,  $conK_{jt}$  y  $conX_{jt}$ ) y del crecimiento de la PTF al crecimiento del producto de la rama j. Las contribuciones de los distintos factores se calculan directamente como,

$$conL_{jt} = \bar{v}_{jt}^L \Delta \ln ISL_{jt} \quad conK_{jt} = \bar{v}_{jt}^K \Delta \ln ISK_{jt} \quad conX_{jt} = \bar{v}_{jt}^X \Delta \ln X_{jt}$$

Cuando se calcula la PTF para la economía agregada, se parte de la función que relaciona el valor añadido agregado con los factores trabajo y capital empleados por la economía. La metodología del cálculo de la variación de la PTF para la economía agregada es la misma que para el caso de una economía desagregada en ramas de actividad, siendo la única diferencia que se calcula en términos de valor añadido y consecuentemente no se tienen en cuenta los consumos intermedios.

$$VA_t = f(L_1, L_2, \dots, L_N, K_1, K_2, \dots, K_R, A_t) \quad (I.11)$$

A partir de I.11 y aplicando la metodología descrita para el caso desagregado, se llega la ecuación fundamental de la contabilidad moderna del crecimiento:

$$\Delta \ln PTF_t = \Delta \ln VA_t - \bar{v}_t^L \Delta \ln ISL_t - \bar{v}_t^K \Delta \ln ISK_t \quad (I.11a)$$

En donde ahora,

$$v_t^L = \frac{W_t L_t}{VA_t} \quad v_t^K = \frac{R_{jt} K_{jt}}{VA_{jt}}$$

$$\bar{v}_t^L = \frac{1}{2} (v_{t-1}^L + v_t^L) \quad \bar{v}_t^K = \frac{1}{2} (v_{t-1}^K + v_t^K) \quad y \quad v_t^K + \bar{v}_t^L = 1$$

De la ecuación anterior se calcula contribución de cada uno de los factores ( $conL_t$ ,  $conK_t$ ) y la tasa de crecimiento del progreso tecnológico o PTF

$$conL_t = \bar{v}_t^L \Delta \ln ISL_t \quad conK_t = \bar{v}_t^K \Delta \ln ISK_t$$

$$\Delta \ln PTF_t = \Delta \ln VA_t - \bar{v}_t^L \Delta \ln ISL_t - \bar{v}_t^K \Delta \ln ISK_t$$

Las aportaciones de Jorgenson y Griliches (1967) al modelo de la contabilidad del crecimiento tradicional se centran, en el desarrollo de una metodología para medir los índices de los servicios del capital y por analogía de los servicios del factor trabajo. Esta metodología permite además descomponer ambos índices aislando la parte de los inputs vinculados a la digitalización de los demás, inputs con menor contenido tecnológico o mas tradicionales y que no guardan relación con el proceso de digitalización.

#### ■ Índice de los servicios del factor trabajo

Griliches y Jorgenson (1967) señalaron la importancia de medir el factor trabajo teniendo en cuenta varios de los aspectos propios del trabajador y de su manera de desempeñar una tarea pues inciden directamente en su aportación a la producción. En concreto, aspectos como la edad, el sexo, el nivel de cualificación deberían de recogerse en lo que se denomina por analogía con el índice de servicios del capital, el índice de los servicios laborales (ISL). El ISL es un índice que se construye agregando las distintas cantidades de servicios laborales de cada tipo de trabajador ponderadas por su valor en el total del valor del factor trabajo. El no tener en cuenta las diferencias de los trabajadores conduce

a asignar cualquier incremento de producción debido a una mejora en “la calidad” del trabajador a incrementos de la PTF.

En las recomendaciones de la OCDE, se especifica que el índice del trabajo debe captar la máxima heterogeneidad de este factor, es decir debe reflejar tanto la cantidad como la calidad del factor trabajo a lo largo del tiempo. A este índice se le denomina Valor Total de los Servicios del Trabajo y recoge las diferencias de los servicios prestados por unidad de trabajo. Siguiendo a Gallop y Fraumeni (1987) se asume que el índice de los servicios de trabajo agregado es una función translogarítmica de los servicios de los distintos tipos de trabajadores. Además, se asume que los servicios de cada tipo de trabajador son proporcionales a las horas trabajadas y que los trabajadores son remunerados por el valor de sus productividades marginales. Por lo tanto, el índice de servicios de trabajo agregado  $L$ , para una rama cualquiera  $j$ , siendo  $H_i$  el número de horas efectivas trabajadas por cada tipo  $i$  de factor trabajo y para un periodo de tiempo  $t$  se calcula a partir de un índice Törnqvist, en el que las variables están expresadas en términos logarítmicos, como

$$\Delta \ln L_{jt} = \sum_i \bar{s}_{ijt}^L \Delta \ln H_{ijt} \quad (1.22)$$

en donde la ponderación  $\bar{s}_{ijt}^L$  es la media aritmética del peso de cada tipo de trabajador  $i$  en la renta laboral total de la rama  $j$ , entre el periodo actual y el anterior, que se calcula como,

$$\bar{s}_{ijt}^L = \frac{1}{2} (s_{ijt}^L + s_{ijt-1}^L) \quad y \quad s_{ijt}^L = \frac{w_{it}^j H_{it}^j}{\sum_i w_{it}^j H_{it}^j} \quad (1.23)$$

Siendo  $w$  la ganancia media por hora de trabajo del trabajador  $i$

Con respecto a la cantidad del factor trabajo, la OCDE reitera que el factor trabajo debe medirse en horas efectivas trabajadas tanto de los trabajadores asalariados como de los trabajadores por cuenta propia, siendo además, la diferenciación con respecto al sexo y nivel de educación muy deseable.

- *Descomposición del ISL: mejoras del capital humano y aumento de las horas de trabajo*

El índice de mejora del Capital humano se construye como diferencia en la variación logarítmica de ISL y la diferencia del logaritmo del índice IH. El índice IH es un índice que recoge la variación de la horas de trabajo manteniendo el mismo nivel de cualificación de los trabajadores. Los índices se pueden construir para el nivel agregado como por ramas de actividad. Se presenta la metodología para la desagregación por ramas  $j$ .

- $S_{jL} \Delta \ln H_{jt} = S_{jL} \Delta \ln ISL_{jt} - S_{jL} \Delta \ln IH_{jt}$ 
  - $\Delta \ln IH_t = \sum_i \frac{1}{2} \left( \frac{HL_{i,jt}}{\sum_i HL_{i,jt}} + \frac{HL_{i,j-1}}{\sum_i HL_{i,j-1}} \right) (\ln (HL_{i,jt}) - \ln (HL_{i,j-1})) \quad (1.24)$
- Siendo,  $HL_{i,jt}$  igual al producto del empleo y horas al año trabajadas de cada tipo de trabajador  $i$  en  $t$ .
- Se obtiene por diferencia la contribución de los cambios en el capital humano al crecimiento del valor añadido.

## ▪ Índice de los servicios del factor capital

En el modelo de contabilidad de crecimiento moderno, la variable capital se introduce como un índice de Servicios del Capital (ISK) lo que supone una medida que tiene en cuenta la heterogeneidad de los activos de capital y constituye una de las principales contribuciones de Jorgenson y Griliches (1967). Estos autores proporcionaron un método para calcular el ISK de forma coherente con la medidas de capital que emanan del Sistema Nacional de Cuentas (versión SNC-1993, cuenta de producción, generación de renta, balance y cuenta acumulación), adecuado para medir la contribución del capital al proceso productivo

Al igual que el factor trabajo, el input capital proporciona unos servicios que se utilizan en el proceso productivo. Sin embargo, en el caso del capital dichos servicios no son directamente observables y además, cada activo de capital genera un flujo de servicios de capital diferente. Este flujo de servicios se denomina servicios de capital de un activo y es la medida apropiada del capital para medir la PTF. El índice de los servicios del capital es una medida del flujo de servicios productivos proporcionados por el activo de capital durante un periodo de tiempo  $t$ . Por ello, puesto que los flujos de los servicios del capital de cada activo no son observables, se recurre al concepto y medida del Stock Productivo del Capital (SPK) junto con la hipótesis de que los servicios de capital de un activo son proporcionales al stock productivo del activo en cuestión. Suponiendo que el coeficiente de proporcionalidad es constante, la tasa de variación de los servicios de capital será igual a la tasa de variación del capital productivo para un activo en particular. El concepto de stock productivo de capital únicamente tiene sentido para el nivel desagregado de un activo de capital.

Una vez estimado el flujo de los servicios de cada activo es necesario, calcular el ISK como un índice que agregue, de la mejor manera posible, los distintos servicios de cada activo teniendo en cuenta su heterogeneidad. Para calcular el ISK agregado se utiliza la metodología tal como se recoge en el manual de la OCDE de 2009 sobre la medición del capital, que revisa la versión del 2001 y que es la utilizada por el IVIE para generar las series históricas del capital para España.

### • *El stock productivo de capital de un activo*

Para estimar los servicios de capital de un activo, es decir la medida del input de capital que realmente afecta a la producción, se introduce la hipótesis de que los servicios del capital son proporcionales al stock de capital productivo de ese activo. El stock productivo del capital para un activo se mide aplicando directamente el método de inventario permanente, como suma de las inversiones pasadas ponderadas por un factor que refleja la pérdida de eficiencia productiva debida al paso del tiempo y la retirada de inversiones.

$$K_{i,t}^P = \sum_{\tau=0}^T h_{i,t} \cdot F_{i,t} \frac{IN_{i,t-\tau}}{q_{i,t-\tau,0}} \quad (1.25)$$

en donde,  $IN_{i,t}$  es la inversión nominal en el activo  $i$  en  $t$ ;  $q_{i,t-\tau,0}$  es el índice de precios para el activo  $i$  con cero años en  $t$  (nuevo);  $F_{i,t}$  es la función de supervivencia que mide la fracción de los activos de edad  $\tau$  que está en servicio (de una vida máxima  $T$ ) y  $h_{i,t}$  es la función de edad-eficiencia que mide la pérdida de eficiencia productiva del activo por el envejecimiento del activo. De entre las diversas funciones edad-eficiencia, la nueva metodología (OCDE 2009) introduce como novedad la utilización de una tasa

de pérdida de eficiencia geométrica<sup>2</sup> (frente a una función hiperbólica en la anterior base de datos).

- *Índice de los Servicios de Capital*

Como ya se ha precisado para obtener el índice agregado del stock de capital productivo es necesario agregar los activos de capital heterogéneos. Conviene recordar que en el caso de la serie del stock de capital bruto y neto los valores correspondientes a cada activo están expresados en unidades monetarias por lo que la agregación se realiza sencillamente sumando los valores de cada activo. En el caso de la nueva serie del stock de capital productivo ya no tiene sentido agregar utilizando los precios. Efectivamente la nueva serie servicios de capital asume que los servicios de capital son proporcionales al stock de capital físico pero esta relación de proporcionalidad nada tiene que ver con los precios del activo (un ordenador puede valer lo mismo que una máquina de tejer y difieren completamente en los servicios producidos). Para obtener por agregación del capital productivo el Índice de Servicios del Capital (ISK), la teoría de la producción determina que el método adecuado es ponderar por el coste de uso del capital y utilizar un número índice superlativo (Fisher, Törnqvist). El índice de los servicios del capital en euros constantes en t viene dado por,

$$VSK_t = \sum_i \mu_{it} KP_{it} \quad (1.25)$$

Siendo  $\mu_{it}$  el coste de uso del capital del activo i en t y  $KP_{it}$  el stock de capital del activo i en el periodo t a precios constantes

- *Coste de uso del capital*

El coste de uso del activo de capital i en el momento t, obviando consideraciones fiscales viene dado por,

$$\mu_{it} = P_{it}^b(i_t + d_{it} - q_{it}) \quad (1.26)$$

Siendo  $i_t$  el tipo de interés nominal,  $d_{it}$  la tasa de depreciación,  $q_{it}$  la tasa de variación del precio del activo k, y  $P_{it}^b$  el precio de dicho activo i al inicio del periodo t.

Con respecto al valor de la tasa de retorno  $i_t$ , la OCDE sigue manteniendo el criterio de una tasa exógena (frente a la alternativa de una tasa de retorno endógena) e igual al 4% para las ramas de actividad de mercado y al 3% para las de no mercado. Además, también recomienda eliminar la expresión de las variaciones de precios en la expresión del coste de uso.

Por lo tanto a la hora de calcularlo, el coste de uso viene dado en la práctica por la expresión,  $\mu_{it} = P_{it}^b(i + d_{it})$

Este concepto cuantitativo está relacionado con el precio de los servicios que proporciona cada activo de capital.

- *Tasa de variación del Índice de los Servicios del Capital*

La ecuación que plantea el modelo de la Contabilidad del Crecimiento está expresada en tasas de variación, por lo que la variable relevante para el cálculo de la PTF es la variación del índice de los servicios del capital. Por coherencia con la base de datos del IVIE/BBVA

---

<sup>2</sup> Cuando se usa la función geométrica edad- eficiencia y la función edad-precio geométrica para el cómputo del Stock Capital Neto, ambas medidas coinciden para un mismo activo.

de la que se toman los datos desagregados y por su capacidad de captar los cambios en la estructura de activos, algo relevante cuando se habla de activos TIC, se utiliza el índice Törnqvist (frente al índice Laspeyres con ponderaciones a precios constantes) para calcular la variación del ISK definido para cada rama  $j$ ,

$$\Delta ISK_{jt} = \ln(ISK_{jt}) - \ln(ISK_{jt-1}) = \sum_i 0.5[v_{ijt} + v_{ijt-1}] \cdot [\ln(KP_{ijt}) - \ln(KP_{ijt-1})] \quad (1.27)$$

De esta manera, se define para cada rama de actividad  $j$ , la variación del índice de los servicios de capital en  $t$ , como la diferencia logarítmica del stock de capital productivo agregado en euros constantes de los activos  $i$  ponderada por el valor de los servicios productivos en euros nominales de cada activo  $i$  con respecto al total del valor de los servicios productivos.  $v_{ijt}$  es el valor de los servicios productivos en euros nominales de cada activo  $i$  con respecto al valor total de los servicios del capital y se calcula a partir del coste de uso del capital de cada activo y el valor en euros monetarios del stock de capital productivo de ese mismo activo de cada rama  $j$ , como sigue:

$$v_{ijt} = \frac{\mu_{it} KP_{ijt}^{m \text{ netari}}}{\sum_{i=1}^n \mu_{it} KP_{ijt}^{m \text{ netari}}}$$

*Descomposición del ISK: activos TIC, activo I+D, resto de capital*

Cuando se dispone de series de los servicios del capital productivo y del stock de capital productivos en euros constantes por tipos de activos de capital se pueden construir índices de servicios agrupando los activos por grupos de interés. Así, se puede construir el Índice de los servicios de capital TIC y medir de su contribución al crecimiento del valor añadido.

$$\Delta ISK_t^{tic} = \ln(ISK_t^{tic}) - \ln(ISK_{t-1}^{tic}) = \frac{1}{2} (v_t^{tic} + v_{t-1}^{tic}) (\ln KP_t^{tic} - \ln KP_{t-1}^{tic})$$

$$conK_t^{tic} = \bar{v}_{jt}^k \Delta \ln ISK_t^{tic}$$

De la misma forma se puede construir el Índice de intangible I+D y derivar la medida de su contribución al crecimiento del valor añadido

$$\Delta \ln ID = 0.5 * (v_t^I + v_{t-1}^I) (\ln I_t - \ln I_{t-1})$$

$$conI_t = \bar{v}_t^k \Delta \ln I_t$$

Por último, el índice de los servicios del resto del capital y medida de su contribución al crecimiento del valor añadido, se calcula como

$$\Delta ISK_t^{re \text{ t } k} = \ln(ISK_t^{re \text{ t } k}) - \ln(ISK_{t-1}^{re \text{ t } k})$$

$$= \frac{1}{2} (v_t^{re \text{ t } k} + v_{t-1}^{re \text{ t } k}) (\ln KP_t^{re \text{ t } k} - \ln KP_{t-1}^{re \text{ t } k})$$

$$conK_t^{re \text{ t } k} = \bar{v}_{jt}^k \Delta \ln ISK_t^{re \text{ t } k}$$



## ANEXO 1.2 CONTRIBUCIÓN MONETARIA AL INCREMENTO DEL VALOR AÑADIDO

La ecuación de la Contabilidad del Crecimiento permite expresar las contribuciones de cada uno de los componentes en euros constantes. Tomando el valor añadido en euros monetarios para el año base 2010 y aplicando las tasas de crecimiento del índice de valor añadido para el resto de los años se obtiene el incremento en euros constantes (precios de año 2010) para cada año del valor añadido.

Para cada año se multiplica la contribución porcentual de cada factor productivo al incremento en euros del valor añadido para obtener el valor en euros del años de referencia (200) del efecto de cada uno de los factores productivos agregados, (y sus correspondientes descomposiciones) y del progreso tecnológico.

Por ejemplo la contribución de la PTF monetaria (cont PTFm) para el año 2006

Se calcularía como

$$\text{Cont PTFm} = \frac{\Delta \ln PTF_{10}}{\Delta \ln VA_{01}} * \Delta VA_{201} .$$

De la misma forma se calcularía el valor monetario del resto de los inputs para lo que bastaría remplazar  $\Delta \ln PT$  por la variación en logaritmos del índice del input de interés.  $\Delta \ln KTIC, \Delta \ln KID ; \Delta \ln KH$  et .

## ANEXO II.1. DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS

Con el objetivo de aplicar el modelo a la Contabilidad del Crecimiento a la economía española agregada para los años 1995-2017 se desarrolla una base de datos que permite calcular los índices anuales agregados de valor añadido, de los servicios del capital agregado y de los servicios del factor trabajo para el periodo 1995-2017 y sus correspondientes descomposiciones. Los índices de capital y de servicios laborales se han construido como índices Törnqvist y el de valor añadido se ha tomado de la serie enlazada en base 2010 que CNE publica bajo la forma de un índice Laspeyres.

### i. Índice de valor añadido

Se toman las variaciones del índice en volumen de Laspeyres de valor añadido de la serie de CNE en base 2010, para los años 1995-2014. Para completar los años 2015-2017, se toman las medias anuales de los valores trimestrales de la serie Contabilidad Trimestral de la economía española. Para el año 2017, se estima a partir de la media de los tres trimestres publicados.

### ii. Índice de Servicios Laborales

Se ha construido un índice de servicios laborales, con una diferenciación del trabajador por nivel de educación alcanzado (agregado en 7 categorías). Para la elaboración del índice de servicios laborales, se han utilizado la Encuesta de Población Activa y micro datos de la EPA, la Encuesta de los Salarios en la Industria y los Servicios, la Encuesta de Estructura Salarial, la serie Contabilidad Nacional de España base 2010. Para los datos de las horas efectivas para los años 1995-2014, se utiliza la serie *Remuneración y empleo por ramas de actividad* de la Contabilidad Nacional en base 2010. La fuente de datos que se utiliza para estimar las ganancias de los trabajadores con una desagregación por niveles educativos es la Encuesta de Estructura Salarial (EES) para los años 1995, 2002, 2006, 2010 y 2014.

### Índice de los Servicios de Capital

Para el índice de Törnqvist de los servicios del capital se han utilizado las series publicadas por el IVIE, *Stock productivo en euros constantes (base 2010)* y *Servicios del capital por activos en euros corrientes 1995-2014*. Se ha construido un índice Törnqvist de los servicios del capital como la diferencia logarítmica del stock de capital productivo real de los activos del capital ponderados por el valor de los servicios productivos en euros nominales de cada activo con respecto a su total anual. Los deflatores se han derivados de la base de datos anteriormente mencionada. Se excluyen de la serie de capital el stock de viviendas, en línea con las recomendaciones de la OCDE. Para los años 2015-2017 se toman la media anual de los años anteriores.

Para medir el efecto directo del proceso de digitalización sobre el valor añadido se han construido índices Törnqvist de Capital de los activos TIC a partir de la serie de *El Stock de Capital Productivo real* (1995-2014) y la serie de los *Servicios del Capital por cativos* (1995-2014) del IVIE. En concreto se usan los valores de los tres tipos de activos de capital TIC, el *hardware*, las *comunicaciones* y el *software*.

De la misma forma, se ha construido un índice en el que se recoge al activo de capital intangible I+D.

A partir de esta base de datos se realiza la aplicación numérica del modelo de la Ecuación de la Contabilidad del Crecimiento por lo que se dispone de una medida del progreso tecnológico anual y una medida de la contribución de cada uno de los factores productivos tradicionales (capital, trabajo). Así mismo se puede medir la contribución de los factores vinculados a la digitalización como pueden ser el capital TIC, el intangible I+D y la mejora del capital humano al que hay que sumar la contribución del progreso técnico o PTF.



## ANEXO II.2 AGREGACIÓN RAMAS DE ACTIVIDAD

<b>CNAE-2009</b>	<b>Ramas agregadas</b>
<b>01-03</b>	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
<b>05-09</b>	Industrias extractivas
<b>10-33</b>	Industria manufacturera
<b>35</b>	Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado
<b>36-39</b>	Suministro de agua; actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación
<b>41-43</b>	Construcción
<b>45-47</b>	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas
<b>49-53</b>	Transporte y almacenamiento
<b>55-56</b>	Hostelería
<b>58-63</b>	Información y comunicaciones
<b>64-66</b>	Actividades financieras y de seguros
<b>68</b>	Actividades inmobiliarias
<b>69-75</b>	Actividades profesionales, científicas y técnicas
<b>77-82</b>	Actividades administrativas y servicios auxiliares
<b>85</b>	Educación
<b>86-88</b>	Actividades sanitarias y de servicios sociales
<b>90-93</b>	Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento
<b>94-96</b>	Otros servicios

Se omite la rama 84 *Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria* y la rama 97-98 *Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico o como productores de bienes y servicios para uso propio*. Las ramas 85 y 86-88 se refieren tanto a la actividad correspondiente de mercado como de no mercado.

### ANEXO III. APÉNDICE TÉCNICO DE PREDICCIÓN: 2018-2022

El objetivo de esta sección es explicar los modelos de *predicción univariante y multivariante* que hemos utilizado para predecir las variables que entran en la ecuación de la contabilidad del crecimiento.

Sea  $Y_t = (VA_t, KTIC_t, I + D_t, KH_t, PTF_t)'$  donde  $t=1996, \dots, 2017$ . Con esta muestra se han estimado modelos vectoriales autorregresivos, **VAR(P)**;

$$A(L)Y_t = \varepsilon_t \quad (1)$$

donde  $A(L)$  es una matriz de orden  $5 \times 5$  de polinomios en el operador de retardos  $L$ . Al ser datos anuales y la muestra no ser muy grande se han utilizado valores iniciales de  $p=2$ .

A su vez hemos estimado modelos univariantes autorregresivos, integrados, de medias móviles, **ARIMA(p,d,q)**;

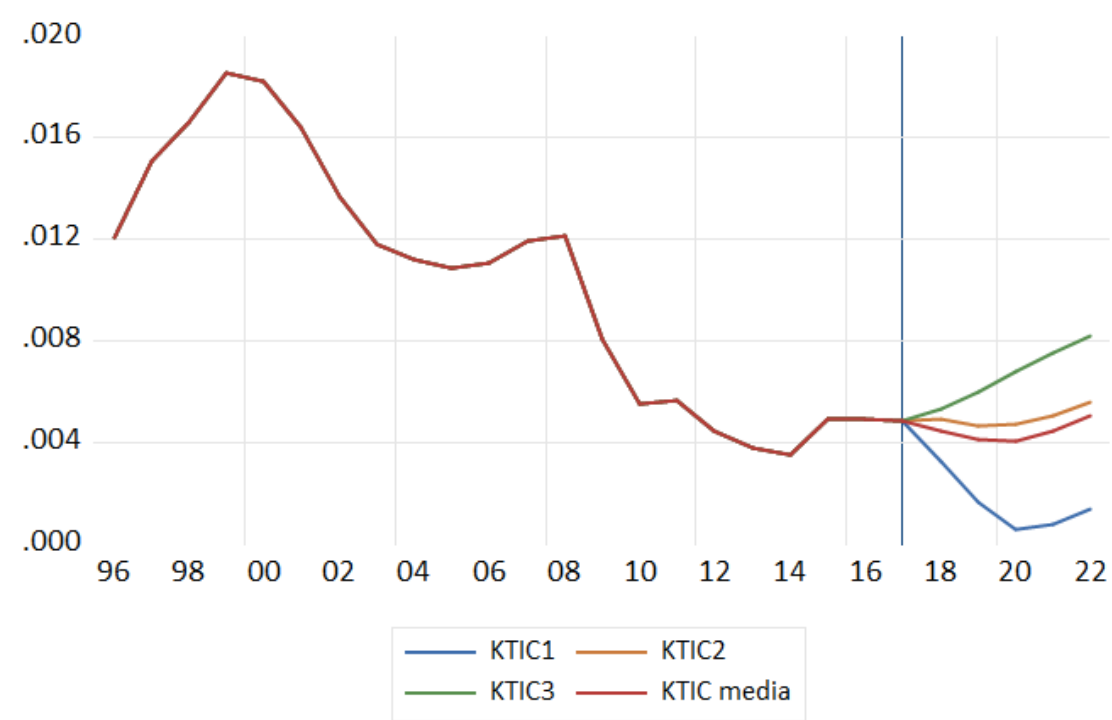
$$a(L)Y_{it} = b(L)\varepsilon_{it} \quad (2)$$

donde  $a(L)$  y  $b(L)$  son polinomios en el operador de retardos  $L$  de orden  $p$  y  $q$ , respectivamente, donde  $i=1,2,\dots,5$  y  $t=1996, \dots, 2017$ .

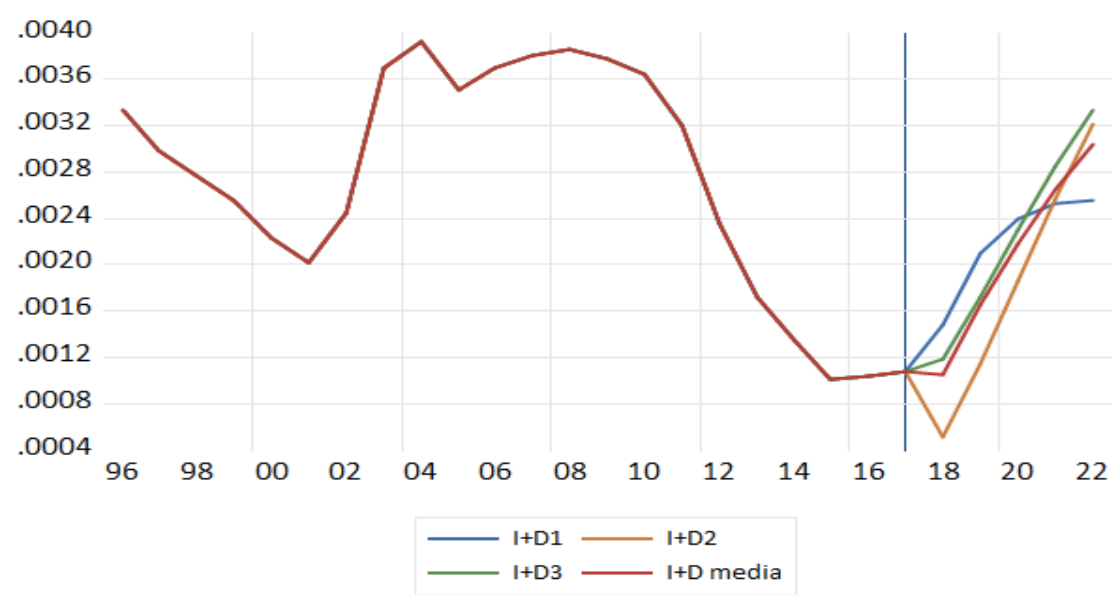
Con estos modelos de series temporales hemos hecho varias *predicciones anuales desde 2018 a 2022* (5 años)

A su vez, hemos calculado la **predicción media** de todas las predicciones generadas para cada una de las variables, con cada uno de los modelos anteriores. Los resultados se representan en las gráficas de abajo. En base a estas últimas predicciones se han calculado las contribuciones medias, una vez que las hemos multiplicado por las correspondientes ponderaciones de cada input (o elasticidades de los inputs). Como estas ponderaciones cambian en el tiempo se ha tomado una media móvil de las ponderaciones (como se explica en el texto trabajo).

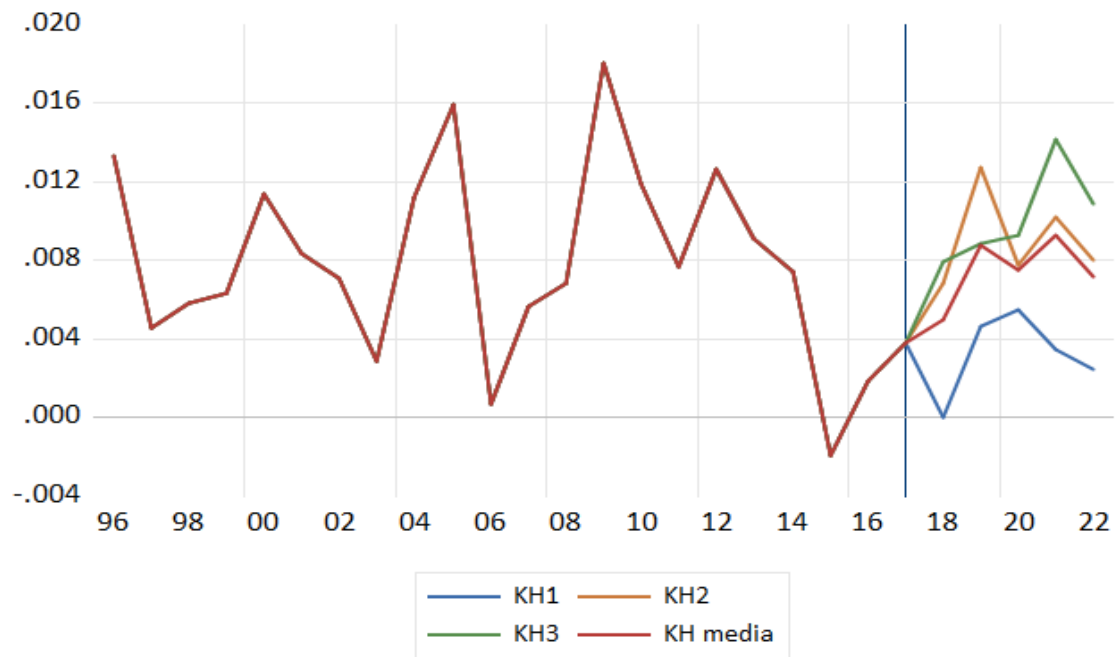
**Grafico A.1. Predicciones del Capital TIC (KTIC), 2018-2022**



**Grafico A.2. Predicciones de la I&D (I+D), 2018-2022**



**Grafico A.3. Predicciones del Capital Humano (KH), 2018-2022**



**Grafico A.4. Predicciones de la PTF (PTF), 2018-2022**

